

**SILVIA REGINA NUNES DE SOUZA**

**USO DA MONORESTITUIÇÃO DIGITAL, AEROFOTOS DE PEQUENA  
ESCALA E MODELAMENTO MATEMÁTICO DE SUPERFÍCIE (DTM)  
PARA REALIZAÇÃO DE MAPEAMENTO PLANIMÉTRICO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso  
de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas,  
Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal  
do Paraná.

Orientadores:

Prof. Dr. Edson Aparecido Mitishita

Prof. Dr. Jorge Silva Centeno

**CURITIBA  
2001**


**“USO DA MONORESTITUIÇÃO DIGITAL, AEROFOTOS DE  
PEQUENA ESCALA E MODELAMENTO MATEMÁTICO DE  
SUPERFÍCIE (DTM) PARA REALIZAÇÃO  
DE MAPEAMENTO PLANIMÉTRICO”**

**POR**

**SÍLVIA REGINA NUNES DE SOUZA**

Dissertação nº 158 aprovada como requisito parcial do grau de Mestre no  
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade  
Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

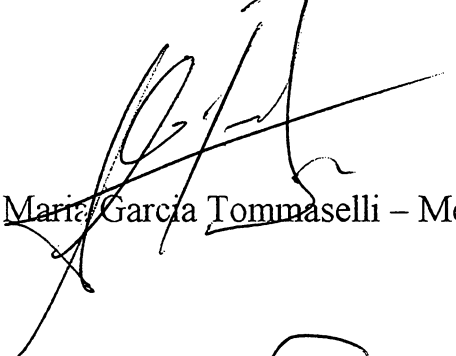
Curitiba, 12 de dezembro de 2001.



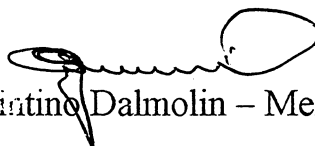
Prof. Dr. Edson Aparecido Mitishita (UFPR)  
Orientador e Presidente



Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno - Orientador (UFPR)



Prof. Dr. Antonio Maria Garcia Tommaselli – Membro (UNESP)



Prof. Dr. Quintino Dalmolin – Membro (UFPR)

Dedico este trabalho ao meu pai Manoel  
Nunes de Souza (*in memoriam*)

## **AGRADECIMENTOS**

- À Empresa AeroImagem S/A pela cessão dos diapositivos e arquivo digital altimétrico.
- Aos meus orientadores pelas contribuições na elaboração deste trabalho.
- A todos os colegas do curso, em especial aos amigos Marcelo Costa Napoleão, Selma Regina Aranha Ribeiro, Cláudia Constantino Saltarelli Saraiva e Elaine Cristine Barros de Souza, pelas sugestões, apoio e incentivo durante o decorrer do curso.
- À minha família, em especial minha mãe e meus irmãos pelo carinho e compreensão.
- À família que me acolheu durante a minha estadia em Curitiba: Eli, Maria, Gleí, Ticiane e Kiko por todo apoio e amizade.
- Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.
- À todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.



## SUMÁRIO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE ABREVIACÕES.....</b>	<b>VI</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS .....	2
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 SISTEMAS DE COORDENADAS .....	3
2.1.1 Sistemas de coordenadas do espaço imagem.....	4
2.1.1.1 Sistema de máquina .....	4
2.1.1.2 Sistema fiducial .....	5
2.1.1.3 Sistema fotogramétrico .....	5
2.1.2 Sistema do espaço objeto.....	6
2.2 TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE COORDENADAS .....	9
2.2.1 Transformação entre as coordenadas de máquina e do sistema fiducial.....	9
2.2.2 Transformação entre as coordenadas do sistema fiducial e do sistema fotogramétrico.....	11
2.2.3 Equação de colinearidade direta e inversa.....	12
2.3 ERROS SISTEMÁTICOS.....	16
2.3.1 Trabalho do filme .....	17
2.3.2 Distorção de lentes .....	17
2.3.2.1 Distorção radial simétrica .....	17
2.3.2.2 Distorção descentrada.....	18
2.3.3 Refração atmosférica .....	19
2.4 ORIENTAÇÕES DA FOTOGRAFIA .....	20
2.4.1 Orientação interior.....	20
2.4.2 Orientação exterior .....	21
2.4.3 Formação analítica do modelo .....	25
2.4.4 Orientação absoluta .....	26
2.5 MODELO DIGITAL DO TERRENO .....	27
2.5.1 Entrada de dados para obtenção de um modelo digital do terreno .....	28
2.5.1.1 Varredura estereofotogramétrica.....	29
2.5.1.2 Varredura monoscópica .....	29
2.5.1.3 Curvas de nível.....	30
2.6 MONORESTITUIÇÃO DIGITAL .....	30
2.6.1 Conceitos teóricos .....	30
2.6.2 Sistema Monorestituidor Digital .....	31
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
3.1 ÁREA TESTE.....	34

3.2 MATERIAL UTILIZADO .....	34
3.3 METODOLOGIA .....	35
3.3.1 Obtenção da altimetria.....	35
3.3.1.1 Varredura estereofotogramétrica.....	36
3.3.1.2 Varredura monoscópica .....	36
3.3.1.3 Curvas de nível.....	37
3.3.2 Monorestituição digital.....	37
3.3 METODOLOGIA PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS .....	39
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
4.1 MONORESTITUIÇÃO DIGITAL .....	44
4.2 OBTENÇÃO DA INFORMAÇÃO ALTIMÉTRICA .....	47
4.2.1 Varredura estereofotogramétrica.....	47
4.2.2 Varredura monoscópica .....	49
4.2.3 Curvas de nível.....	53
4.2.4 Avaliação dos dados altimétricos.....	55
4.3 DIGITALIZAÇÃO DAS ENTIDADES .....	56
4.4 RETIFICAÇÃO DO ARQUIVO GRÁFICO .....	57
4.4.1 Resultados da retificação realizada com a varredura estereofotogramétrica.....	57
4.4.2 Resultados da retificação realizada com a varredura monoscópica.....	60
4.4.3 Resultados da retificação realizada com as curvas de nível .....	61
4.4.4 Avaliação da planimetria .....	62
4.5 EDIÇÃO DO ARQUIVO GRÁFICO RETIFICADO .....	63
<b>5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO IMAGEM E ESPAÇO OBJETO.....	3
FIGURA 2: EXEMPLO DE UM SISTEMA DE COORDENADA DE UM COMPARADOR.....	4
FIGURA 3: SISTEMA FIDUCIAL.....	5
FIGURA 4: SISTEMA DE COORDENADAS FOTOGRAMÉTRICO.....	6
FIGURA 5: SISTEMA DO ESPAÇO OBJETO.....	9
FIGURA 6: TRANSFORMAÇÃO DO SISTEMA DE MÁQUINA PARA O FIDUCIAL.....	10
FIGURA 7: TRANSFORMAÇÃO DO SISTEMA FIDUCIAL PARA O FOTOGRAMÉTRICO.....	12
FIGURA 8: CONDIÇÃO DE COLINEARIDADE.....	13
FIGURA 9: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS NA FOTOGRAFIA.....	21
FIGURA 10: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS COLETADOS NA RESTITUIÇÃO.....	43
FIGURA 11: DTM GERADO PELO <i>SURFER</i> COM OS DADOS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.....	49
FIGURA 12: DTM GERADO PELO <i>SUFER</i> COM OS DADOS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.....	53
FIGURA 13: DTM GERADO PELO <i>SURFER</i> COM OS DADOS DAS CURVAS DE NÍVEL.....	55
FIGURA 14: EXEMPLO DAS FEIÇÕES DIGITALIZADAS.....	56
FIGURA 15: DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS.....	58
FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS.....	60
FIGURA 17: DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS.....	62

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: ESPECIFICAÇÕES PARA CLASSIFICAR CARTAS.....	39
TABELA 2: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO INTERIOR DA FOTO 144.....	44
TABELA 3: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO INTERIOR DA FOTO 145.....	44
TABELA 4: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL APROXIMADA DA FOTO 144.....	45
TABELA 5: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL APROXIMADA DA FOTO 145.....	45
TABELA 6: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL EXATA DA FOTO 144.....	46
TABELA 7: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL EXATA DA FOTO 145.....	47
TABELA 8: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E VARREDURA ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.....	48
TABELA 9: RESULTADO DO AJUSTAMENTO DA ORIENTAÇÃO RELATIVA.....	50
TABELA 10: RESULTADO DO AJUSTAMENTO DA ORIENTAÇÃO ABSOLUTA.....	50
TABELA 11: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E VARREDURA MONOSCÓPICA.....	51
TABELA 12: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E CURVA DE NÍVEL.....	53
TABELA 13: RESUMO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS REFERENTES À ALTIMETRIA.....	55
TABELA 14: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS FEIÇÕES RETIFICADAS COM INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.....	57
TABELA 15: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS FEIÇÕES RETIFICADAS COM INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.....	61
TABELA 16: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS FEIÇÕES RETIFICADAS COM INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.....	61

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

**CAD: Computer Aided Design**

**DTM: Digital Terrain Model**

**SAR: Synthetic Aperture Radar**

**SMD: Sistema Monorestituidor Digital**

**SPOT: Systme Probatoire d'Observation de la Terre**

## RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma metodologia para a obtenção de cartas planimétricas digitais na escala de 1:25000, a partir da monorestituição digital de fotografias aéreas de pequena escala (1:60000). A aplicação da monorestituição digital necessita de informações altimétricas a fim de retificar a digitalização vetorial das entidades de interesse presentes na fotografia aérea. Com o objetivo de avaliar o efeito da informação altimétrica no resultado final, três cartas foram geradas, cada uma delas baseada em três conjuntos diferentes de dados altimétricos obtidos por varredura estereofotogramétrica, varredura monoscópica e curva de nível. A qualidade destes três resultados foi avaliada, confrontando-se cada um deles com uma carta obtida por restituição convencional considerada, neste trabalho, isenta de erros. Essa comparação foi feita tomando-se como base a diferença entre as coordenadas coletadas das entidades digitalizadas da restituição convencional e das cartas obtidas por monorestituição. Na avaliação dos resultados, não foi verificada diferença significativa entre as cartas geradas por monorestituição digital utilizando os diferentes tipos de informações altimétricas, sendo estas classificadas na classe A de acordo com as normas em vigor.

## ABSTRACT

In this work a methodology is presented for obtaining of digital planimetric charts in 1:25000 scale, starting from the digital monoplottting of aerial photographs of small scale (1:60000). The application of the digital monoplottting requires altimetrical informations in order to rectify the vectorial digitizing of the entities of interest present in the aerial photograph. In order to access the effect of the altimetrical information in the final results, three maps were generated, each one of them coming from three different sets of altimetrical dat obtained by profiles, monoscopic scanning and contour lines. The quality of these three resulting charts were evaluated, by comparing them to a chart obtained through a conventional stereoplottting considered, in this work, as free of errors. This comparison was carried out considering the difference between collected coordinates of the digitized entities present in the conventional stereoplottting and in the charts obtained by monoplottting. In the evaluation of the results, no significant difference was verified among the charts generated by digital monoplottting using the differents types of altimetrical information. These charts were classified as A, in accordance with the effective norms.

## 1 INTRODUÇÃO

Os recentes desenvolvimentos computacionais têm proporcionado o surgimento de novas práticas fotogramétricas baseadas na automação do processo e simplificação dos equipamentos fotogramétricos.

O processo de restituição baseada na visão monocular, desenvolvido por Makarovic no início dos anos 70, foi pouco aplicado na prática, devido a inexistência de computadores com capacidade para armazenar e processar o grande volume de dados necessários ao processo. Atualmente com o desenvolvimento da informática, esta deficiência foi superada, e a monorestituição pode ser implementada em computadores pessoais com o auxílio de programas de computação gráfica (CAD - *Computer Aided Design*), permitindo um melhor aproveitamento das técnicas fotogramétricas na obtenção ou atualização de mapeamentos digitais. A aplicação deste procedimento está vinculado ao uso de um DTM (*Digital Terrain Model* – Modelo Digital do Terreno) e da equação de colinearidade inversa, a fim de que, por um processo iterativo, sejam determinadas as coordenadas planimétricas de um ponto.

Contudo, apesar do desenvolvimento de vários procedimentos fotogramétricos baseados em imagens digitais, verifica-se a necessidade de investigar questões de ordem operacional e prática, e se os resultados obtidos se encontram dentro dos padrões de qualidade alcançados com os procedimentos tradicionais. A comparação entre os resultados obtidos com a monorestituição digital e a restituição convencional, permitirá afirmar e/ou estabelecê-la como técnica viável, de fácil execução, considerando suas limitações de acordo com a finalidade do levantamento.

## 1.1 OBJETIVOS

Tem-se como objetivo geral neste trabalho, verificar a viabilidade prática e operacional do uso da monorestituição digital na elaboração de uma carta planimétrica na escala 1:25000, tendo como base, fotografias aéreas na escala de 1:60000 e informações altimétricas proveniente de fontes diferentes.

Como objetivos específicos pretende-se avaliar três procedimentos (perfilagem de modelo, varredura monoscópica e curvas de nível) na obtenção de informação altimétrica, para fins de monorestituição.

Avaliando os resultados obtidos com a monorestituição, pretende-se verificar a precisão da mesma em relação a estereorestituição.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar da monorestituição ser uma técnica de restituição fotogramétrica conhecida, faz-se necessária a execução de trabalhos práticos que possibilitem verificar a eficiência desta técnica.

Para fazer uso da monorestituição, é necessário que se tenha informações altimétricas da região de estudo. Em vista deste fato e de que existem várias fontes de obtenção de informações altimétricas, faz-se necessário avaliar qual destas fontes apresenta uma melhor adequação ao processo.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

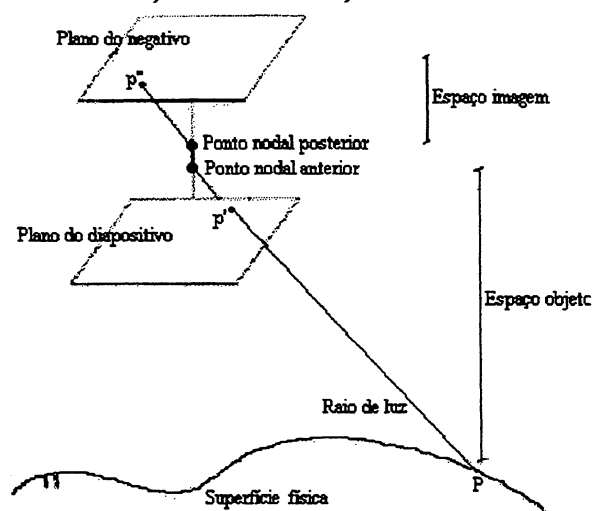
Pretende-se neste capítulo, descrever a teoria que envolve a realização da monorestituição digital, que utiliza os elementos da Fotogrametria Analítica. Esta teoria diz respeito à descrição dos sistemas de coordenadas mais utilizados em Fotogrametria, a transformação de coordenadas entre esses sistemas, a correção dos erros sistemáticos presentes na fotografia, a utilização da equação de colinearidade, as orientações da fotografia e modelamento matemático da superfície.

### 2.1 SISTEMAS DE COORDENADAS

Em Fotogrametria, trabalha-se com coordenadas do espaço imagem e do espaço objeto.

Segundo LUGNANI (1987), espaço imagem é o espaço entre o ponto nodal posterior e o plano do negativo, quando é utilizado o negativo, ou o ponto nodal anterior e o plano do diapositivo quando é utilizado o positivo, como é mostrado na figura 1. Já o espaço objeto é o definido entre o ponto nodal anterior e a superfície física.

FIGURA 1: REPRESENTAÇÃO DO ESPAÇO IMAGEM E ESPAÇO OBJETO.



FONTE: ADAPTADO DE MITISHITA (1997a).

A seguir serão mostrados os sistemas de coordenadas pertinentes ao espaço imagem e ao espaço objeto.

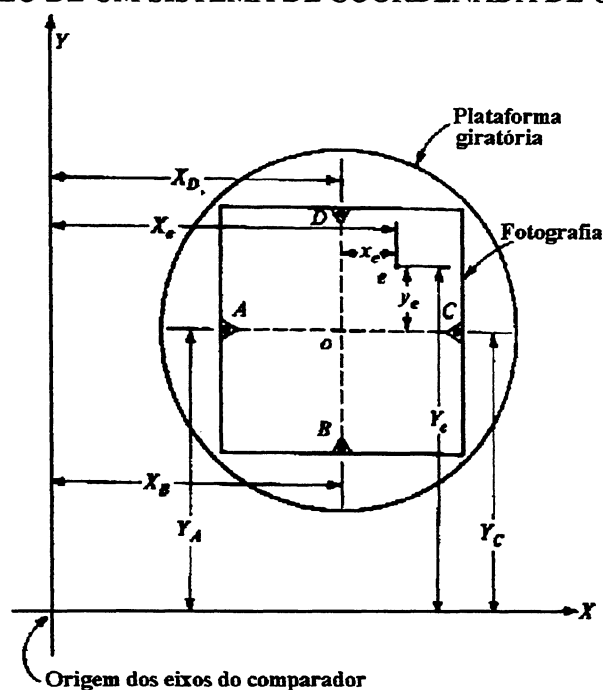
### 2.1.1 Sistemas de coordenadas do espaço imagem

Os sistemas de coordenadas que dizem respeito ao espaço imagem são: sistema de máquina, sistema fiducial e sistema fotogramétrico.

#### 2.1.1.1 Sistema de máquina

O sistema de máquina é um sistema aproximadamente retangular, sendo que sua direção e orientação são dependentes do instrumento utilizado para realizar as observações fotogramétricas. A figura 2 ilustra o sistema de coordenada de um comparador.

FIGURA 2: EXEMPLO DE UM SISTEMA DE COORDENADA DE UM COMPARADOR.



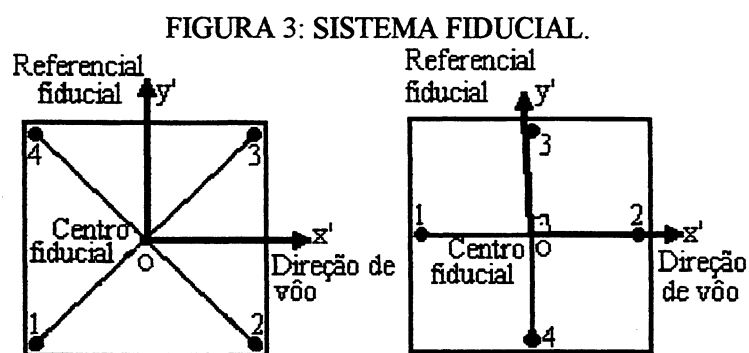
FONTE: ADAPTADO DE WOLF, 1983.

### 2.1.1.2 Sistema fiducial

Este é um sistema de coordenada no espaço bidimensional ( $R^2$ ), que apresenta as seguintes características:

- Origem: a origem se dá na intersecção das linhas que unem as marcas fiduciais opostas;
- Eixo  $x'$ : coincide com a linha que une as marcas fiduciais opostas, que mais se aproxima da direção do voo;
- Eixo  $y'$ : é perpendicular ao eixo  $x'$ , formando um sistema dextrogiro.

Este sistema está ilustrado na figura 3.



FONTE: ADAPTADO DE MITISHITA, 1997a.

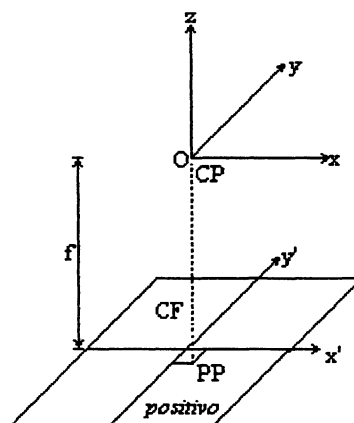
### 2.1.1.3 Sistema fotogramétrico

Este é um sistema de coordenada no espaço tridimensional ( $R^3$ ), que apresenta as seguintes características:

- Origem: ponto nodal anterior ou posterior, quando se trabalha com o diapositivo ou negativo;
- Eixos  $x$  e  $y$ : são paralelos aos eixos  $x'$  e  $y'$  do sistema fiducial
- Eixo  $z$ : é perpendicular ao plano da foto, formando com  $x$  e  $y$  um sistema dextrogiro.

O sistema fotogramétrico está representado na figura 4.

FIGURA 4: SISTEMA DE COORDENADAS FOTOGRAMÉTRICO.



FONTE: OLIVAS, 1999.

### 2.1.2 Sistema do espaço objeto

Existem vários sistemas que podem ser utilizados para descrever os objetos, porém segundo MITISHITA (1997) um dos referenciais mais importantes para a materialização de pontos de apoio para a Fotogrametria é o sistema cartesiano geodésico local, que possui as propriedades necessárias ao cumprimento rigoroso de transformações entre referencias cartesianos tridimensionais no espaço imagem e objeto. Para se obter as coordenadas neste referencial, é necessário algumas transformações.

Tendo como base as coordenadas do referencial geodésico elipsoidal (latitude e longitude elipsoidais e altitude geométrica), as coordenadas geodésicas cartesianas tridimensionais são obtidas pela formulação (MITISHITA, 1997a):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N + H) \cos \varphi \cos \lambda \\ (N + H) \cos \varphi \sin \lambda \\ (N(1 - e^2) + H) \sin \varphi \end{bmatrix} \quad (1)$$

onde:

(X, Y, Z)= coordenadas geodésicas cartesianas tridimensionais;

$\varphi$ = latitude geodésica;

$\lambda$ = longitude geodésica;

H= altitude geométrica;

$$N = \text{grande normal, obtida por: } N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2) \sin^2 \varphi}} \quad (2)$$

sendo:

a= semi-eixo maior do elipsóide;

$$e = \text{excentricidade do elipsóide, obtido por: } f = \frac{a - b}{a} \quad (3)$$

$$e^2 = (2f) - f \quad (4)$$

onde:

f= achatamento do elipsóide;

b= semi-eixo menor do elipsóide

Como o sistema geodésico brasileiro adota o elipsóide sul americano 1969, tem-se os seguintes valores: a= 6378160 metros, e f=1/298,25.

Segundo ANDRADE (1998), a transformação inversa não existe, sendo necessária a utilização de uma aproximação por desenvolvimento em séries ou fórmula iterativa.

A seguir será mostrada uma fórmula iterativa que tem uma rápida convergência (três iterações no máximo), onde no início do processo iterativo utiliza-se  $\varphi = 0$  como valor aproximado (MITISHITA, 1997a).

$$\lambda = \text{arctg} \left( \frac{Y}{X} \right) \quad (5)$$

$$\varphi = \text{arctg} \left( \frac{Z + (N e^2 \sin \varphi)}{(X^2 + Y^2)^{1/2}} \right) \quad (6)$$

$$H = \frac{Z - (N * (1 - e^2))}{\sin \varphi} \quad (7)$$

Com os referenciais geodésicos elipsoidal e cartesiano tridimensional, define-se o referencial geodésico cartesiano tridimensional local.

Este é um sistema tridimensional ( $R^3$ ) cuja origem é geralmente considerada num ponto  $P_0$  sobre o elipsóide. O eixo Z é coincidente com a normal passante pelo

ponto de origem. O eixo Y coincide com o meridiano passante pela origem, orientado positivamente para o polo norte geodésico CIO (origem convencional internacional do polo). O eixo X coincide com a direção que torna o sistema dextrógiro.

A transformação de coordenadas geodésicas cartesianas tridimensionais para cartesianas tridimensionais locais é dada por:

$$\begin{bmatrix} X_L \\ Y_L \\ Z_L \end{bmatrix} = R_x(90 - \varphi_0) R_z(90 + \lambda_0) \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

A transformação inversa é dada por:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = R_z(90 + \lambda_0)^T R_x(90 - \varphi_0)^T \begin{bmatrix} X_L \\ Y_L \\ Z_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

sendo:

$$R_x(90 - \varphi_0) = R_x(\gamma) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & \sin \gamma \\ 0 & -\sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix} \quad (10)$$

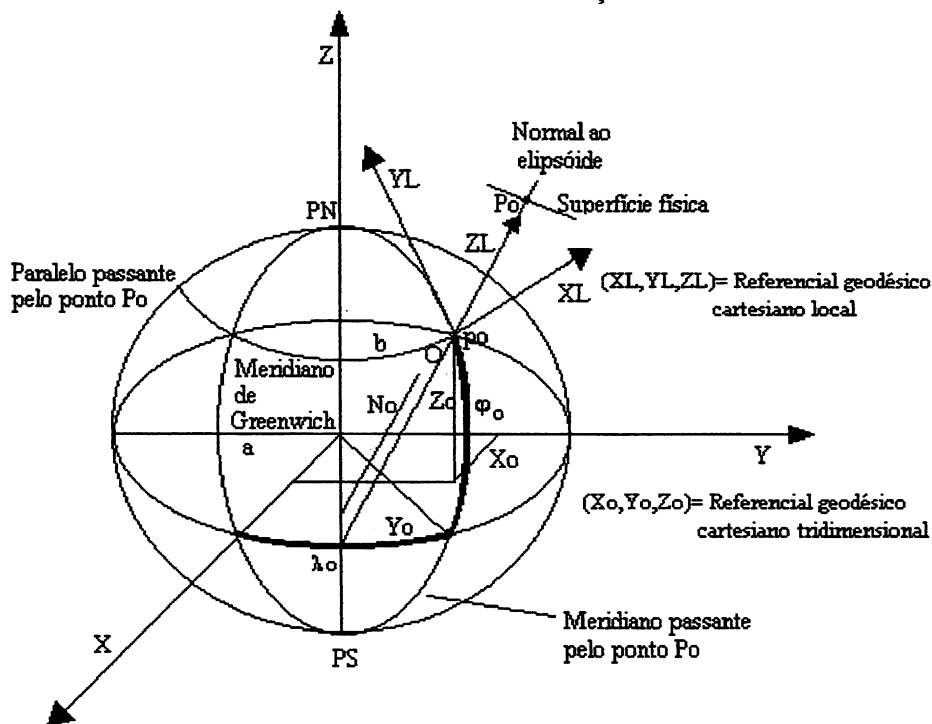
$$X_0 = N_0 \cos \varphi_0 \cos \lambda_0$$

$$Y_0 = N_0 \cos \varphi_0 \sin \lambda_0 \quad (11)$$

$$Z_0 = (N_0(1 - e^2)) \sin \varphi_0$$

Os sistemas do espaço objeto, referencial geodésico cartesiano local e referencial geodésico cartesiano tridimensional, estão ilustrados na figura 5.

FIGURA 5: SISTEMA DO ESPAÇO OBJETO.



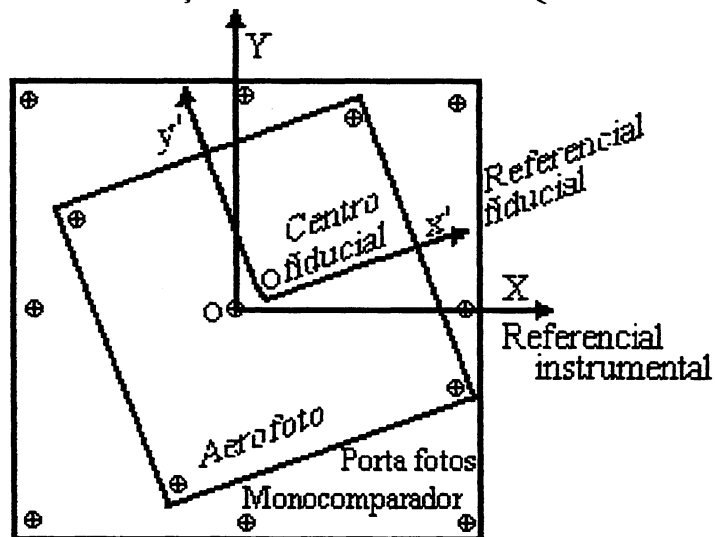
FONTE: ADAPTADO DE MITISHITA (1997a).

## 2.2 TRANSFORMAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE COORDENADAS

### 2.2.1 Transformação entre as coordenadas de máquina e do sistema fiducial

Utiliza-se uma transformação matemática a fim de modelar as deformações presentes na fotografia, que ocorrem no instante da sua tomada (deformações provenientes da temperatura, pressão e umidade), e na maioria das vezes leva-se em conta o número de marcas fiduciais da fotografia. A figura 6, mostra os espaços envolvidos nesta transformação.

FIGURA 6: TRANSFORMAÇÃO DO SISTEMA DE MÁQUINA PARA O FIDUCIAL.



FONTE: ADAPTADO DE MITISHITA, 1997a.

Trabalhando-se com fotografias que possuem quatro marcas fiduciais, o modelo matemático geralmente adotado é o da transformação afim geral no plano:

$$\begin{aligned} x' &= a_1X + a_2Y + a_3 \\ y' &= a_4X + a_5Y + a_6 \end{aligned} \quad (12)$$

onde:

$a_i$  ( $i = 1, 6$ ) = parâmetros de transformação;

$x', y'$  = coordenadas fiduciais;

$X, Y$  = coordenadas do sistema de máquina.

Trabalhando-se com fotografias que possuem oito ou mais marcas fiduciais, é comum utilizar o modelo matemático da transformação projetiva no plano (eq. 13) ou do modelo matemático da transformação polinomial do 2º grau (14):

$$\begin{aligned} x' &= \frac{a_1X + a_2Y + a_3}{a_4X + a_5Y + 1} \\ y' &= \frac{a_6X + a_7Y + a_8}{a_4X + a_5Y + 1} \end{aligned} \quad (13)$$



$$\begin{aligned}
 x' &= a_0 + a_1X + a_2Y + a_3XY + a_4X^2 + a_5Y^2 \\
 y' &= b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY + b_4X^2 + b_5Y^2
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

onde:

$a_i$  ( $i = 0, 8$ ),  $b_i$  ( $i = 0, 5$ ) = parâmetros de transformação;

$x', y'$  = coordenadas fiduciais;

$X, Y$  = coordenadas do sistema de máquina.

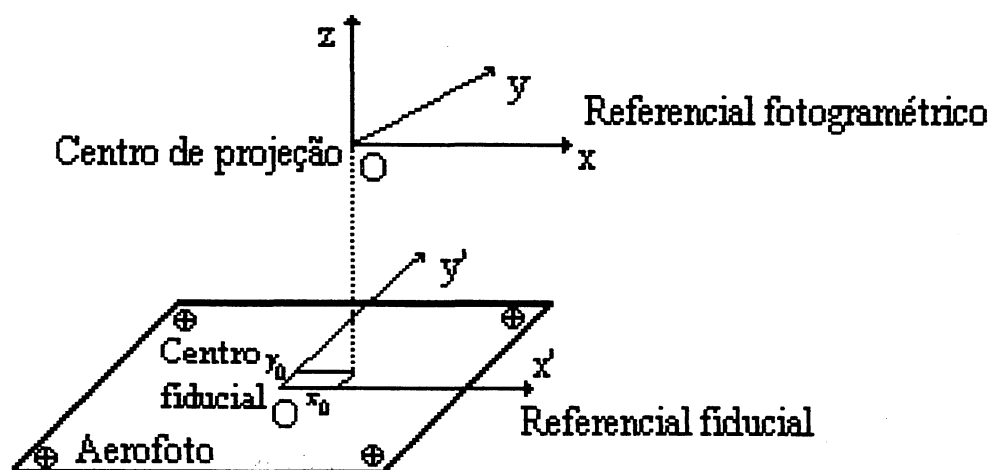
Na prática, devido às facilidades computacionais e de análise dos resultados, a transformação afim geral tem sido empregada na maioria dos trabalhos fotogramétricos. Os seus parâmetros são determinados por uma técnica de ajustamento, utilizando as coordenadas das marcas fiduciais lidas (num comparador, por exemplo) e do certificado de calibração.

### 2.2.2 Transformação entre as coordenadas do sistema fiducial e do sistema fotogramétrico

Conhecendo-se as coordenadas de um ponto qualquer no sistema fiducial ( $x', y'$ ), pode-se determinar as coordenadas deste ponto no sistema fotogramétrico ( $x, y, z$ ).

Esta transformação está ilustrada na figura 7.

FIGURA 7: TRANSFORMAÇÃO DO SISTEMA FIDUCIAL PARA O FOTOGRAMÉTRICO.



FONTE: ADAPTADO DE MITISHITA, 1997a.

Uma vez que estes sistemas são paralelos, o modelo matemático desta transformação representa uma translação no plano. As equações desta transformação são:

$$x = x' - x_0$$

$$y = y' - y_0 \quad (15)$$

$$z = -f$$

onde:

$x, y, z$  = coordenadas no referencial fotogramétrico;

$x_0, y_0$  = coordenadas do ponto principal no referencial fiducial;

$x', y'$  = coordenadas no referencial fiducial;

$f$  = distância focal calibrada da câmara, sendo seu valor positivo quando se trabalha com o negativo, e negativo quando se trabalha com o diapositivo.

### 2.2.3 Equação de colinearidade direta e inversa

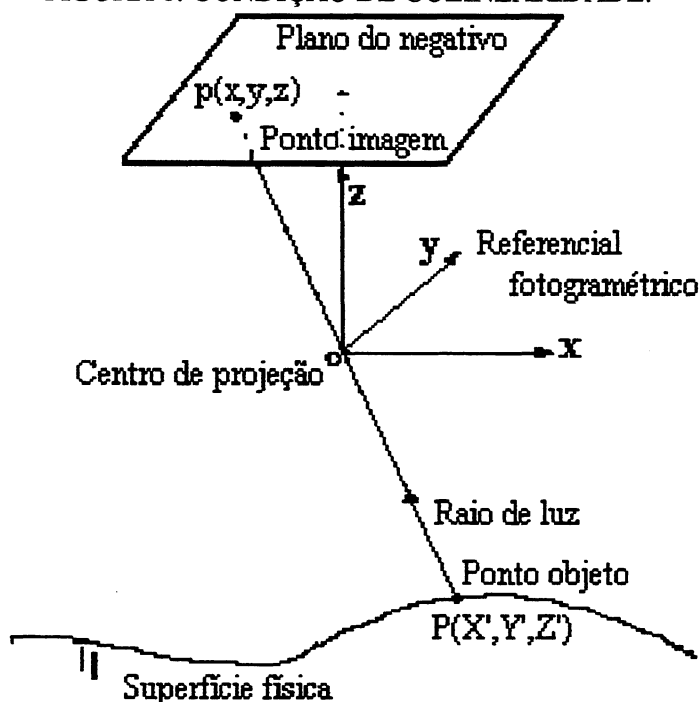
O uso da equação de colinearidade direta na monorestituição digital, diz respeito a determinação dos parâmetros de posicionamento ( $X_0, Y_0, Z_0$ ) e de orientação

$(\kappa, \varphi, \omega)$  de uma aerofoto no espaço, através da orientação exterior matemática, denominada neste trabalho de orientação espacial exata.

A equação de colinearidade é deduzida com base na condição teórica de que o centro perspectivo (C) (que é um ponto), o ponto imagem (p) e o ponto objeto (P), pertencem a uma mesma reta (LUGNANI, 1987).

A figura 8 ilustra a condição de colinearidade.

FIGURA 8: CONDIÇÃO DE COLINEARIDADE.



FONTE: ADAPTADO DE MITISHITA (1997).

Partindo desta configuração, tem-se:

$X', Y', Z'$  = coordenadas no referencial fotogramétrico do ponto P no espaço objeto;

$x, y, z$  = coordenadas no referencial fotogramétrico do ponto p no espaço imagem.

A condição de colinearidade é expressa, matematicamente, por:

$$\frac{x}{X'} = \frac{y}{Y'} = \frac{z}{Z'} \quad (16)$$

A partir da equação (16), pode-se escrever:

$$x = z \frac{X'}{Z'} \text{ e } y = z \frac{Y'}{Z'} \quad (17)$$

Conforme MITISHITA (1997a), nas câmaras fotogramétricas,  $z$  é constante para qualquer ponto imageado no negativo. O valor desta constante é igual à distância focal  $f$  da câmara. Fazendo-se esta substituição em (17), tem-se:

$$x = f \frac{X'}{Z'} \text{ e } y = f \frac{Y'}{Z'} \quad (18)$$

A relação matemática entre as coordenadas do sistema fotogramétrico e do sistema geodésico local, é dada por:

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \lambda M \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

$$M = R_z(\kappa)R_y(\varphi)R_x(\omega) = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$R_x(\omega) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix}; R_y(\varphi) = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & -\sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix}; R_z(\kappa) = \begin{bmatrix} \cos \kappa & \sin \kappa & 0 \\ -\sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (21)$$

onde:

$\lambda$  = fator de escala;

$(\kappa, \varphi, \omega)$  = ângulos de rotação, usados para tornar os referenciais paralelos;

$(X_0, Y_0, Z_0)$  = coordenadas da estação de exposição, que representam as translações para coincidir os referenciais;

$(X, Y, Z)$  = coordenadas do ponto no referencial geodésico local;

$M$  = matriz de rotação.

Substituindo (19) em (18), tem-se as equações de colinearidade na forma direta, que possibilitam o relacionamento matemático de coordenadas fotogramétricas de

pontos no espaço imagem com coordenadas de pontos no espaço objeto, numa aerofoto singular:

$$\begin{aligned} x &= f * \frac{m_{11}(X - X_o) + m_{12}(Y - Y_o) + m_{13}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)} \\ y &= f * \frac{m_{21}(X - X_o) + m_{22}(Y - Y_o) + m_{23}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)} \end{aligned} \quad (22)$$

Conforme LUGNANI (1987), sendo  $(x_p^*, y_p^*)$  as coordenadas do ponto p no espaço imagem e  $(X_p^*, Y_p^*, Z_p^*)$  as coordenadas do ponto P no espaço objeto, referidas a um sistema  $(X^*, Y^*, Z^*)$  paralelo ao sistema local OXYZ, mas centrado em C (centro perspectivo), a equação da reta contendo C, p e P é dada por:

$$\begin{aligned} X_p^* &= Z_p^* \frac{X_p^*}{Z_p^*} \\ Y_p^* &= Z_p^* \frac{Y_p^*}{Z_p^*} \end{aligned} \quad (23)$$

Escrevendo a equação (19) para o presente caso, tem-se:

$$\begin{aligned} X_p^* &= \lambda' (m_{11}x + m_{21}y + m_{31}z) \\ Y_p^* &= \lambda' (m_{12}x + m_{22}y + m_{32}z) \\ Z_p^* &= \lambda' (m_{13}x + m_{23}y + m_{33}z) \end{aligned} \quad (24)$$

Estas equações, substituídas nas equações (23), resultam em:

$$X_P^* = Z_P^* \frac{\lambda' (m_{11}x_p + m_{21}y_p + m_{31}z_p)}{\lambda' (m_{13}x_p + m_{23}y_p + m_{33}z_p)} \quad (25)$$

$$Y_P^* = Z_P^* \frac{\lambda' (m_{12}x_p + m_{22}y_p + m_{32}z_p)}{\lambda' (m_{13}x_p + m_{23}y_p + m_{33}z_p)}$$

Lembrando que:

$$\begin{bmatrix} X_P^* \\ Y_P^* \\ Z_P^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_P - X_0 \\ Y_P - Y_0 \\ Z_P - Z_0 \end{bmatrix} \quad (26)$$

tem-se, negligenciando os índices p e P e considerando-se que z é igual ao valor da distância focal f, a representação da forma inversa da equação de colinearidade:

$$X = X_0 + (Z - Z_0) \frac{m_{11}x + m_{21}y + m_{31}z}{m_{13}x + m_{23}y + m_{33}z} \quad (27)$$

$$Y = Y_0 + (Z - Z_0) \frac{m_{12}x + m_{22}y + m_{32}z}{m_{13}x + m_{23}y + m_{33}z}$$

As equações de colinearidade inversa permitem determinar pontos planimétricos no referencial geodésico cartesiano local, tendo como base coordenadas de pontos no referencial fotogramétrico, parâmetros de orientação exterior de uma foto e coordenada Z do ponto no referencial geodésico local.

## 2.3 ERROS SISTEMÁTICOS

Como foi dito anteriormente, a equação de colinearidade pressupõe o alinhamento do centro perspectivo, ponto imagem e ponto objeto. Na prática isto não ocorre devido aos erros sistemáticos. Assim a aplicação da equação de colinearidade, depende de que as coordenadas fotogramétricas estejam corrigidas destes erros. Os

erros sistemáticos que devem ser corrigidos são: deformação do filme, distorções radial simétrica e descentrada, e refração fotogramétrica.

### 2.3.1 Trabalho do filme

Este erro diz respeito a mudanças dimensionais que ocorrem no filme fotográfico por causa da umidade, temperatura, tensão e envelhecimento do material utilizado, diferença de pressão entre o instante da tomada e utilização prática da fotografia.

Matematicamente, este erro pode ser corrigido quando se realiza a transformação de coordenadas do sistema de máquina para o sistema fiducial, mostrado no item 2.2.1.

### 2.3.2 Distorção de lentes

Um sistema de lentes pode sofrer cinco tipos de aberrações causadas por processos de fabricação das lentes: aberração esférica, coma, astigmatismo, curvatura de campo e distorção. As quatro primeiras estão relacionadas com a qualidade da imagem, enquanto que a distorção provoca o deslocamento da imagem.

No presente trabalho serão discutidos somente as distorções, uma vez que este erro sistemático é o de maior interesse para a Fotogrametria a fim de minimizar os efeitos do deslocamento da imagem.

#### 2.3.2.1 Distorção radial simétrica

A distorção radial simétrica pode ser considerada como sendo uma parcela não desejável da refração sofrida por um raio de luz ao atravessar um sistema óptico

(ANDRADE, 1998). A correção da distorção radial simétrica, é realizada com a aplicação da seguinte formulação:

$$x' = \left(1 - \frac{\delta r}{r}\right)x \quad (28)$$

$$y' = \left(1 - \frac{\delta r}{r}\right)y$$

$$r = \sqrt{x'^2 + y'^2} \quad (29)$$

$$\delta r = k_1 r^3 + k_2 r^5 + k_3 r^7 + \dots$$

onde:

(x, y)= coordenadas fotogramétricas;

$k_i$  ( $i=1,3$ )= coeficientes da distorção radial;

(x', y')= coordenadas corrigidas.

### 2.3.2.2 Distorção descentrada

A distorção descentrada é decorrente da impossibilidade do fabricante alinhar perfeitamente os eixos ópticos das lentes que compõe o sistema de lentes. Este não alinhamento provoca deslocamento na imagem. Estes deslocamentos possuem componentes radiais (assimétricas) e tangenciais. A formulação para corrigir a distorção descentrada é (MERCHANT, 1979):

$$x'' = x' - \Delta_{dx} \quad (30)$$

$$y'' = y' - \Delta_{dy}$$

$$\Delta_{dx} = [P_1(r'^2 + 2x'^2) + 2P_2x'y'] \quad (31)$$

$$\Delta_{dy} = [2P_1x'y' + P_2(r'^2 + 2y'^2)]$$

$$r' = \sqrt{x'^2 + y'^2} \quad (32)$$



onde:

$P_1, P_2$ = coeficientes da distorção descentrada, obtidos no certificado de calibração;

$(x', y')$ = coordenadas fotogramétricas corrigidas da distorção radial;

$(x'', y'')$ = coordenadas fotogramétricas corrigidas da distorção descentrada.

### 2.3.3 Refração atmosférica

A refração atmosférica é um erro sistemático que provoca um deslocamento radial da imagem a partir do ponto principal. Isto ocorre porque quando um raio de luz percorre a distância entre um objeto situado na superfície terrestre e o centro óptico da câmara, atravessa uma série de camadas atmosféricas. Cada camada possui temperatura, umidade relativa do ar e pressão diferentes da camada inferior, isto devido ao balanço da radiação solar e da quantidade de material sólido em suspensão. Então, o raio de luz ao atravessar meios com densidades diferentes, sofre uma variação na sua velocidade de propagação e por consequência um desvio de sua direção em relação à normal (CORTES, 1998).

As coordenadas serão corrigidas deste erro, utilizando a seguinte formulação:

$$x''' = x'' - \delta_x \quad (33)$$

$$y''' = y'' - \delta_y$$

$$\delta_x = x'' \varepsilon_{45} \left( \frac{r''^2}{f^2} + 1 \right) \quad (34)$$

$$\delta_y = y'' \varepsilon_{45} \left( \frac{r''^2}{f^2} + 1 \right)$$

$$r'' = \sqrt{x''^2 + y''^2} \quad (35)$$

onde:

$f$ = distância focal;

$\varepsilon_{45}$ = parâmetro de refração fotogramétrica média para um ângulo de incidência de  $45^\circ$ ;

$(x'', y'')$ = coordenadas fotogramétricas corrigidas da distorção descentrada;

$(x''', y''')$  = coordenadas fotogramétricas corrigidas da refração fotogramétrica.

Devido a incertezas e dificuldades na determinação correta do parâmetro  $\varepsilon_{45}$ , a refração fotogramétrica é um erro pouco considerado na maioria dos trabalhos fotogramétricos realizados no País (MITISHITA, 1997a).

## 2.4 ORIENTAÇÕES DA FOTOGRAFIA

Orientar uma fotografia é determinar a posição e a atitude da câmara no instante da tomada da fotografia. As orientações realizadas são: orientação interior, orientação exterior (orientação relativa e orientação absoluta). Neste trabalho, pretende-se dar destaque apenas aos procedimentos de orientações analíticas.

### 2.4.1 Orientação interior

Realizar a orientação interior num aparelho analógico, é determinar a perspectiva interior da câmara no instante da exposição, forçando a coincidência das marcas fiduciais da fotografia com as correspondentes marcas no restituidor e ajustando a distância principal do restituidor para coincidir com a da câmara fotogramétrica (ANDRADE, 1998).

Analiticamente, a orientação interior é determinada por meio de técnicas de ajustamento, utilizando o modelo matemático da transformação de coordenadas do referencial instrumental para o do fiducial, apresentado no item (2.2.1) e a correção matemática dos erros sistemáticos da imagem.

Os elementos da orientação interior necessários para o procedimento analítico, são: a distância focal calibrada, as coordenadas do ponto principal no referencial fiducial, as coordenadas das marcas fiduciais no referencial fiducial, parâmetros de modelagem da distorção radial simétrica e descentrada, e parâmetro da correção da

refração fotogramétrica; todos disponíveis no certificado de calibração da câmara (MITISHITA, 1997a).

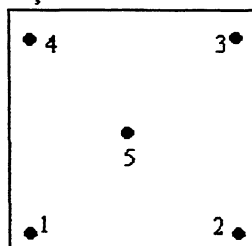
#### 2.4.2 Orientação exterior

Segundo MITISHITA (1997a), a orientação exterior de uma fotografia aérea, consiste em determinar matematicamente os parâmetros necessários para posicionar  $(X_0, Y_0, Z_0)$  e orientar  $(\kappa, \varphi, \omega)$  uma fotografia no espaço, em relação ao referencial geodésico local.

Conforme LUGNANI (1987), as equações de colinearidade na sua forma direta (Eq. 22), constituem o modelo que relaciona os dados e incógnitas do problema. Os dados são as coordenadas fotogramétricas e as coordenadas geodésicas locais de pontos observados na aerofoto, e as incógnitas são os parâmetros de posicionamento e orientação.

Trabalhando-se com pontos que possuem coordenadas fotogramétricas e coordenadas geodésicas conhecidas, tem-se duas equações para cada ponto, sendo necessários três pontos não alinhados para se obter uma solução única, uma vez que tal configuração resulta em seis equações e seis parâmetros. Porém, na prática, é recomendável trabalhar com um número maior de pontos, a fim de assegurar uma melhor determinação dos parâmetros, detectar erros grosseiros nas observações e obter resultados que permitam a análise das precisões dos parâmetros determinados (MITISHITA, 1997a). Assim, a condição mínima recomendada para satisfazer tais condições é de cinco pontos, cuja distribuição na fotografia está ilustrada na figura 9.

FIGURA 9: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS NA FOTOGRAFIA.



FONTE: ADAPTADO DE MITISHITA (1997).

A determinação dos parâmetros pressupõe além do uso das equações de colinearidade, o método de ajustamento denominado paramétrico com injunção, que segundo LUGNANI (1987), oferece uma solução matemática mais atraente.

O modelo matemático deste método é:

$$L_a = F(X_a) \quad (36)$$

onde:

$L_a$  = valores observados ajustados;

$X_a$  = parâmetros ajustados.

Este modelo linearizado, tem a seguinte forma:

$$V = A * X + L \quad (37)$$

sendo que:

$$L = L_o - L_b \quad (38)$$

onde:

$A$  = matriz das derivadas parciais em relação aos parâmetros;

$X$  = vetor das correções dos parâmetros aproximados;

$V$  = vetor dos resíduos das observações fotogramétricas;

$L_b$  = vetor dos valores observados de fotocoordenadas;

$L_o = F(X_o^0)$  = vetor dos resultados da função matemática com os parâmetros aproximados.

Em vista das restrições matemáticas de posição, tem-se:

$$\begin{aligned} X_{obs} - X_c^a &= \varepsilon_x \\ Y_{obs} - Y_c^a &= \varepsilon_y \\ Z_{obs} - Z_c^a &= \varepsilon_z \end{aligned} \quad (39)$$

onde:

$(X_c^a, Y_c^a, Z_c^a)$  = coordenadas de pontos no referencial geodésico local;

$(X_{obs}, Y_{obs}, Z_{obs})$  = coordenadas de pontos no referencial geodésico local, observadas;

$(\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z)$  = resíduos das injunções.

Os parâmetros ajustados são obtidos por:

$$X_a = X_o^o + X \quad (40)$$

onde:

$$X = -(N_1 + N_2)^{-1} * (U_1 + U_2) \quad (41)$$

$$N_1 = A^T * P * A \quad (42)$$

$$N_2 = \tilde{P}$$

$$U_1 = A^T * P * L \quad (43)$$

$$U_2 = \tilde{P} * \varepsilon$$

sendo:

$X_o^o$  = vetor dos parâmetros aproximados;

$X$  = vetor das correções aos parâmetros aproximados;

$P$  = matriz de pesos das observações fotogramétricas;

$\tilde{P}$  = matriz de pesos das injunções;

$\varepsilon$  = vetor dos resíduos das injunções.

Segundo MITISHITA (1997a), considerando-se as observações nos pontos geodésicos não correlacionadas, tem-se em  $N_2$  uma matriz bloco diagonal de dimensão  $6+3n$  linhas por  $6+3n$  colunas. Nas posições da diagonal principal, relativas as coordenadas geodésicas dos pontos observados, estão as submatrizes de peso  $\tilde{P}$ , dadas por:

$$\tilde{P} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_{xi}^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_{yi}^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_{zi}^2} \end{bmatrix} \quad (44)$$

onde:

$n$  = número de pontos utilizados no ajustamento;

$\sigma_{xi}^2, \sigma_{yi}^2, \sigma_{zi}^2$  = variância das coordenadas geodésicas locais.

O vetor  $U_2$  de dimensão  $(6+3n \times 1)$ , tem nas posições relativas aos pontos observados, subvetores  $U_i$  dados por:

$$U_i = \begin{bmatrix} \left( \frac{1}{\sigma_{xi}^2} \right) * \varepsilon_x \\ \left( \frac{1}{\sigma_{yi}^2} \right) * \varepsilon_y \\ \left( \frac{1}{\sigma_{zi}^2} \right) * \varepsilon_z \end{bmatrix} \quad (45)$$

A matriz variância e covariância ( $\Sigma_{Xa}$ ), juntamente com os resíduos nas observações fotogramétricas e os resíduos nas injunções, permitem analisar a precisão da determinação dos parâmetros ( $\kappa, \varphi, \omega, X_o, Y_o, Z_o$ ). Esta matriz é obtida por:

$$\Sigma_{Xa} = \sigma_o^2 * (N_1 + N_2)^{-1} \quad (46)$$

$$\sigma_o^2 = \frac{(V^T * P * V) + (\varepsilon^T * \tilde{P} * \varepsilon)}{gl} \quad (47)$$

onde:

$\sigma_o^2$  = variância das observações de peso unitário *a posteriori*;

$gl$  = grau de liberdade, dado pela diferença entre o número de equações e o número de incógnitas.

### 2.4.3 Formação analítica do modelo

A formação analítica do modelo diz respeito a realização da orientação relativa, uma vez que uma câmara é orientada em relação a outra. Assim são determinados os parâmetros de orientação externa para cada câmara ( $\kappa$ ,  $\varphi$ ,  $\omega$ ,  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $Z_0$ ) e as coordenadas tridimensionais de cada ponto no espaço objeto ( $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $Z_i$ ).

Esta determinação está vinculada à fixação de um referencial e de uma escala. Usualmente fixa-se os parâmetros da câmara da esquerda ( $\kappa_1$ ,  $\varphi_1$ ,  $\omega_1$ ,  $X_0^1$ ,  $Y_0^1$ ,  $Z_0^1$ ) e como escala utiliza-se o valor de  $X_0^2$ , então tem-se:

$$X_0^1 = Y_0^1 = Z_0^1 = 0$$

$$\kappa_1 = \varphi_1 = \omega_1 = 0$$

$$X_0^2 = 92,00$$

sendo que o valor de  $X_0^2$ , corresponde à base fotogramétrica do modelo fotogramétrico com recobrimento longitudinal de 60% e fotografia de dimensão 23x23cm.

Procedendo-se desta maneira, restam como parâmetros a serem determinados aqueles referentes à câmara da direita: ( $\kappa_2$ ,  $\varphi_2$ ,  $\omega_2$ ,  $Y_0^2$ ,  $Z_0^2$ ).

A determinação analítica de tais parâmetros é feita utilizando-se as coordenadas dos pontos fotogramétricos observados nas fotografias que formam o modelo e as equações de colinearidade na forma direta (equação 22).

Cada ponto observado na foto da esquerda, fornece duas equações:

$$\begin{aligned} x_i &= Fx_i(X_i, Y_i, Z_i) \\ y_i &= Fy_i(X_i, Y_i, Z_i) \end{aligned} \tag{48}$$

Para pontos observados na foto da direita, tem-se:

$$\begin{aligned} x_i &= Fx_i(\kappa_2, \varphi_2, \omega_2, Y_0^2, Z_0^2, X_i, Y_i, Z_i) \\ y_i &= Fy_i(\kappa_2, \varphi_2, \omega_2, Y_0^2, Z_0^2, X_i, Y_i, Z_i) \end{aligned} \tag{49}$$

Lembrando que o valor de  $X_0^2$  não é determinado, uma vez que este já foi fixado para definir a escala do modelo.

Conforme LUGNANI (1987), nesta aplicação o modelo tem a forma explícita e o método de ajustamento paramétrico pode ser utilizado para obter os resultados que são os parâmetros de orientação relativa e ainda as coordenadas dos pontos no espaço objeto.

#### 2.4.4 Orientação absoluta

A orientação absoluta é o processo que permite fazer com que se obtenha as coordenadas do referencial de modelo no referencial geodésico local.

A realização deste processo necessita de um conjunto de pontos fotogramétricos com coordenadas conhecidas nos dois referenciais: no mínimo três pontos não alinhados, sendo dois planialtimétricos e um altimétrico (MITISHITA, 1997a).

Analiticamente, o modelo matemático utilizado para transformar as coordenadas de um referencial para outro, é o modelo da transformação isogonal, uma vez que admite-se que as diferenças entre os referenciais sejam decorrentes de rotações e translações nos três eixos e um fator de escala, dado por:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \lambda * M * \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} \quad (50)$$

onde:

$(x, y, z)$  = coordenadas de pontos fotogramétricos no referencial de modelo;

$(X, Y, Z)$  = coordenadas de pontos fotogramétricos no referencial geodésico local;

$(X_0, Y_0, Z_0)$  = parâmetros de translação;

$\lambda$  = fator de escala;

$M$  = matriz de rotação.



Tem-se então sete parâmetros a serem determinados: três de rotação, três de translação e um fator de escala). Para tanto pode-se utilizar o método de ajustamento paramétrico com injeção. De posse destes parâmetros, as coordenadas dos pontos fotogramétricos do modelo são transformadas em coordenadas do referencial geodésico com a transformação isogonal inversa, dada por:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \kappa * M^T * \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (51)$$

onde:

$$\kappa = 1/\lambda$$

$M^T$  = matriz de rotação inversa.

## 2.5 MODELO DIGITAL DO TERRENO

Segundo FERNANDES (1988), um modelo digital do terreno (DTM – *digital terrain model*) é uma representação numérica de uma porção do terreno, a partir de um conjunto de pontos cuja distribuição e características permitem calcular por interpolação, em todos os pontos, a cota  $z = f(x,y)$ .

O modelo digital do terreno permite que os pontos levantados de um terreno possam definir um modelo tridimensional e, a partir dele, gerar seções transversais e perfis longitudinais, além de calcular volumes entre terrenos e planos ou terrenos e medições.

Conforme FELGUEIRAS (1999), o processo de geração de um modelo digital do terreno pode ser dividido em três etapas:

1) *aquisição das amostras ou amostragem*: é uma das etapas mais importantes de todo o processo e compreende a aquisição de um conjunto de amostras representativas do fenômeno de interesse, neste caso a altimetria. Geralmente estas amostras são representadas por curvas de isovalores e pontos tridimensionais;

- 2) *geração do modelo ou modelagem*: esta etapa envolve a criação de estruturas de dados e a definição de superfícies de ajuste com o objetivo de se obter uma representação contínua do fenômeno a partir das amostras. Os modelos mais utilizados são os modelos de grade regular retangular e os de grade irregular triangular;
- 3) *utilização do modelo ou aplicações*: esta etapa compreende os procedimentos de análise executados sobre os modelos digitais. As aplicações podem ser qualitativas (tais como visualização do modelo) ou quantitativas (tais como cálculos de volume).

### 2.5.1 Entrada de dados para obtenção de um modelo digital do terreno

Como dito anteriormente, a amostragem é uma das tarefas mais importantes no processo de modelagem do terreno. Conforme FELGUEIRAS (1999), a amostragem não pode ser insuficiente, pois isso leva à geração de uma modelagem matemática pobre; e não pode ser redundante, pois o excesso de informação sobrecarrega o sistema com o uso excessivo de memória, prejudicando os resultados. Nenhuma modelagem, por mais complexa ou sofisticada que seja, pode compensar os efeitos de uma amostragem mal feita.

As fontes de amostras podem ser: pontos cotados e curvas de nível presentes numa base cartográfica; dados coletados em fotografias aéreas, imagens de satélite (SPOT, por exemplo), e mais recentemente, dados de radar (SAR – *Synthetic Aperture Radar*) (HUTCHINSON e GALLANT, 1999).

No presente trabalho, três fontes diferentes de informação altimétrica, foram usadas com o intuito de avaliar qual delas é mais adequada ao processo de monorestituição digital: informações provenientes de uma varredura estereofotogramétrica, varredura monoscópica (ferramenta do programa Sistema Monorestituído Digital) e curvas de nível.

### 2.5.1.1 Varredura estereofotogramétrica

A varredura estereofotogramétrica ou perfilagem, é o processo pelo qual o operador, num restituidor analógico, mantém manualmente a marca flutuante na superfície do modelo enquanto percorre o mesmo ao longo de linhas paralelas, espaçadas de acordo com intervalos pré-definidos, conforme a variação do relevo existente.

O uso de restituidores analógicos associados com computadores ou restituidores analíticos, não automatizou por completo o processo: o operador ainda necessita conduzir manualmente a marca flutuante sobre o terreno. Entretanto, os sistemas analíticos oferecem algumas vantagens sobre os instrumentos analógicos, por exemplo, eles permitem a saída dos valores de elevação (DTM) na forma de grade regular, a utilização de fotografias não convencionais e permitem obter maior produtividade e aumento de precisão.

### 2.5.1.2 Varredura monoscópica

A varredura monoscópica é um procedimento desenvolvido por MITISHITA (1997a), implementado no Sistema Monorestituidor Digital. Ele consiste em observar monoscopicamente detalhes fotoidentificáveis que são visíveis nas duas imagens, permitindo a obtenção de pontos homólogos, suas coordenadas fotogramétricas e a determinação matemática de coordenadas tridimensionais. Deve ser observado um conjunto de pontos que mostre matematicamente o comportamento altimétrico da região a ser monorestituída.

A varredura monoscópica é realizada, primeiramente, pela formação analítica do modelo fotogramétrico (item 2.4.3), obtendo-se um conjunto de pontos com coordenadas tridimensionais no referencial do modelo, a partir das observações dos pontos fotogramétricos presentes nas duas fotos.

A partir daí, através de um subconjunto de pontos fotogramétricos que possuem coordenadas no referencial geodésico local e do modelo, realiza-se a orientação absoluta do modelo fotogramétrico (item 2.4.4), que fornecerá os parâmetros matemáticos necessários à transformação dos pontos observados para o referencial geodésico local.

#### 2.5.1.3 Curvas de nível

Segundo IMHOF (1982), curvas de nível são linhas traçadas no mapa que mostram a localização de pontos na superfície da terra com a mesma elevação em relação ao nível do mar. As curvas de nível podem ser obtidas por levantamentos topográficos ou pela restituição estereofotogramétrica em meio digital.

### 2.6 MONORESTITUIÇÃO DIGITAL

#### 2.6.1 Conceitos teóricos

Como citado anteriormente, foi MAKAROVIC (1973) quem idealizou o processo de monorestituição digital, utilizando as equações de colinearidade inversas e o modelamento matemático da superfície para transformar as coordenadas fotogramétricas observadas nas aerofotos em coordenadas de terreno no referencial geodésico cartesiano tridimensional local. A obtenção do mapa se dá quando estas coordenadas são transformadas para o referencial de um sistema de projeção cartográfica.

Isto é realizado por um processo iterativo, que compreende as seguintes fases:

- a) com a resseção espacial, calcula-se os ângulos de rotação e a posição da câmara;
- b) com as coordenadas fotogramétricas do ponto digitalizado, a equação de colinearidade inversa (Equação 27) e o valor aproximado da altitude, calcula-se as

coordenadas planimétricas aproximadas do ponto no referencial do espaço objeto adotado;

c) com as coordenadas planimétricas aproximadas, determina-se a cota do ponto no DTM;

d) com a equação de colinearidade inversa (Equação 27) e a cota determinada do ponto, calcula-se novas coordenadas planimétricas do ponto no referencial adotado;

e) com as novas coordenadas planimétricas calcula-se uma nova cota do ponto, sendo que esta última é utilizada juntamente com a equação de colinearidade inversa (Equação 27), a fim de obter novas coordenadas planimétricas.

Como este é um processo iterativo, as fases c) e d) são repetidas até que a diferença entre as coordenadas planimétricas calculadas alcance a precisão desejada.

## 2.6.2 Sistema Monorestituidor Digital

O Sistema Monorestituidor Digital (SMD), desenvolvido por MITISHITA (1997b), realiza a monorestituição digital da região de interesse. Este aplicativo tem por base um sistema de computação gráfica CAD (*Computer Aided Design*), que fornece as ferramentas gráficas para a produção do arquivo gráfico na forma vetorial, visualização da imagem digital e o gerenciamento, manipulação e edição de entidades já digitalizadas; e um sistema de modelamento numérico de superfície para a determinação da coordenada altimétrica do ponto a ser retificado. Os procedimentos para efetuar a monorestituição digital no SMD, são mostrados a seguir.

a) Orientação interior da foto: consiste em fornecer um conjunto de parâmetros e transformações matemáticas necessários à obtenção de fotocoordenadas de pontos digitalizados nas fotos. A realização da orientação interior, conta com as seguintes fases:

a1) obtenção dos parâmetros geométricos da câmara: o processo de orientação interior analítica necessita de tais parâmetros a fim de definir a geometria projetiva da foto digital a ser trabalhada. Estes parâmetros são: distância focal calibrada, número de marcas fiduciais e suas coordenadas no referencial fiducial, coordenadas do ponto

principal no referencial fiducial, parâmetros de modelagem da distorção radial simétrica e descentrada e parâmetro de correção da refração fotogramétrica, obtidos no certificado de calibração da câmara;

a2) observação das marcas fiduciais: esta observação permite a obtenção das coordenadas das marcas fiduciais no referencial instrumental, denominado de referencial do plano gráfico. Isto é necessário para a obtenção dos parâmetros do modelo matemático a ser utilizado na transformação do referencial instrumental para o fiducial;

a3) determinação dos parâmetros de transformação e análise dos resultados: de posse das coordenadas das marcas fiduciais observadas e do certificado de calibração da câmara, determina-se com técnicas de ajustamento, os parâmetros do modelo matemático adotado para a transformação de coordenadas no referencial instrumental para fiducial. O modelo geralmente adotado é o da transformação afim geral no plano. Os parâmetros a serem determinados são: fatores de escala nos respectivos eixos coordenados, translação no plano, rotação no plano e parâmetro de não ortogonalidade dos eixos. A análise dos resultados, diz respeito à análise dos resíduos e da matriz variância-covariância, visando verificar a eficiência do modelo adotado em parametrizar as diferenças físicas existentes entre os referenciais, bem como se a precisão obtida encontra-se dentro do esperado;

a4) transformações matemáticas e correções dos erros sistemáticos nas observações fotogramétricas: com os parâmetros geométricos da imagem, a transformação matemática e seus parâmetros, é possível transformar qualquer ponto observado na foto no referencial de medida, para o referencial fiducial e deste para o referencial fotogramétrico. As deformações geométricas são modeladas com a aplicação do modelo matemático utilizado na transformação entre referenciais;

b) Orientação espacial aproximada da foto digital: consiste em determinar um modelo matemático aproximado para ser empregado na transformação de fotocoordenadas em coordenadas planas no referencial geodésico local;

c) Orientação espacial exata da foto digital: consiste na determinação dos parâmetros de orientação exterior da foto:  $(\chi, \varphi, \omega, X_o, Y_o, Z_o)$ . Estes são parâmetros de

orientação ( $\chi$ ,  $\phi$ ,  $\omega$ ) e posicionamento ( $X_o$ ,  $Y_o$ ,  $Z_o$ ), de uma foto no espaço em relação ao referencial geodésico cartesiano local;

d) Obtenção de informações altimétricas da região a ser monorestituída: estas informações podem ser provenientes de diferentes fontes ou são obtidas pelo procedimento denominado varredura monoscópica, descrito no item 2.5.1.2;

e) Digitalização das entidades gráficas de interesse: consiste em digitalizar as entidades cartográficas de interesse a partir da foto digital, posta no vídeo do computador;

f) Transformações entre referenciais do espaço imagem, espaço objeto e do sistema de projeção: consiste na retificação do arquivo gráfico vetorial, obtido na fase anterior. O processo de retificação é feito em duas fases: transformação da fotocoordenada no referencial de desenho para coordenada no referencial geodésico local e transformação desta coordenada para o sistema de projeção adotado.

g) Procedimentos finais para a elaboração da carta plani-altimétrica: consiste em agrupar os arquivos digitais restituídos de cada foto em único arquivo gráfico e a partir deste, obter as cartas.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA TESTE

A área teste é um bairro da cidade de Foz do Iguaçu situada no Estado do Paraná. Mais especificamente, esta área se encontra entre as coordenadas  $54^{\circ}33'34,0''\text{W}$  e  $25^{\circ}27'13,9''\text{S}$ , e  $54^{\circ}28'52,7''\text{W}$  e  $25^{\circ}30'03,0''\text{S}$ .

#### 3.2 MATERIAL UTILIZADO

Para a realização deste trabalho, utilizou-se o seguinte material:

- 3 fotos na escala 1/60.000 (digitalizadas matricialmente pela empresa AeroImagem S/A, utilizando um *scanner* fotogramétrico, com precisão de 1000 d.p.i. (1 pixel tem 0,0254 mm) para cada foto obtidas por meio de uma câmara super grande angular com distância focal de 85,520mm;
- *software* Sistema Monorestituído Digital;
- *software* para realizar o modelamento matemático da superfície *Surfer*;
- *softwares* CAD *Microstation* e *MaxiCad*;
- *software* gerenciador de imagem *IrasC*;
- *software* matemático *Matlab*;
- *software* estatístico *Statgraphics*;
- microcomputador;
- mapa plani-altimétrico digital na escala 1:10.000 (restituído entre 1995 e 1996 pela empresa AeroImagem Fotogrametria S/A, utilizando os instrumentos Wild B-8 e Wild A-10).



- coordenadas dos pontos fotogramétricos, provenientes da aerotriangulação, fornecidos pela empresa AeroImagem Fotogrametria S/A.

### 3.3 METODOLOGIA

Apresenta-se neste trabalho, a metodologia para a realização da monorestituição digital de fotografias aéreas digitais na escala 1:60000, visando obter cartas planimétricas na escala 1:25000, tendo-se como base o Sistema Monorestituído Digital (SMD) e informações altimétricas provenientes de diferentes fontes: varredura estereofotogramétrica, varredura monoscópica e curvas de nível.

Amostras de pontos dos arquivos vetoriais monorestituídos foram coletadas e comparadas com a amostra retirada do original estereorestituído. A realização de análises estatísticas vieram contribuir na verificação dos resultados. Para tanto, considerou-se a restituição estereofotogramétrica isenta de erros. Estes mesmos dados serviram para classificar as cartas geradas pelo processo de monorestituição, de acordo com o Decreto Lei 89.817 de 20 de junho de 1984.

As grades altimétricas geradas no programa *Surfer* foram avaliadas através da ocorrência de diferença significativa entre os dados altimétricos originais provenientes da estereorestituição.

#### 3.3.1 Obtenção da altimetria

Existem diferentes formas de se obter informações altimétricas para fins de monorestituição. Neste trabalho, utilizou-se três fontes de altimetria na retificação do arquivo vetorial: varredura monoscópica, varredura estereofotogramétrica e curvas de nível provenientes da restituição convencional. Devido à distribuição irregular dos pontos altimétricos provenientes dos processos citados anteriormente, os arquivos referentes a estes dados altimétricos foram submetidos ao programa *Surfer*, a fim de

gerar uma malha regular de pontos, uma vez que o SMD exige uma distribuição aproximadamente regular para os pontos que descrevem a informação do relevo.

Dentre os interpoladores disponibilizados pelo programa *Surfer*, foi escolhido o interpolador *kriging*, pois, segundo o manual do programa SURFER (1999), este é o método que apresenta melhor resultado em todos os tipos de conjunto de dados. Foram utilizadas as configurações básicas dadas pelo programa (*default*) para produzir uma grade a partir dos dados de entrada.

#### 3.3.1.1 Varredura estereofotogramétrica

Este procedimento foi realizado de acordo com o item 2.5.1.1 pela Empresa AerolImagem. O arquivo fornecido pela empresa, continha 8871 pontos lidos. Neste procedimento, o espaçamento entre os pontos é mais ou menos regular e, por isso gerou-se uma grade regular de espaçamento em X e Y de 60 metros com o auxílio do programa *Surfer*.

#### 3.3.1.2 Varredura monoscópica

Este é um procedimento disponível no SMD e antes de executá-lo é necessário realizar as orientações interior de cada aerofoto, bem como as orientações relativa e absoluta que dizem respeito à orientação do modelo, de acordo com o item 2.6.2 do presente trabalho. Após cada orientação, o programa fornece uma tabela contendo os resíduos das observações e erros médios para análise da qualidade da orientação.

Na prática, antes de realizar a varredura monoscópica, é aconselhável utilizar um estereoscópio de espelhos e o modelo fotogramétrico (em papel), a fim de escolher locais para definir pontos que melhor representem a superfície altimétrica da área de interesse. Realiza-se a varredura monoscópica com o modelo fotogramétrico no vídeo, procedendo-se às leituras dos pontos em locais previamente selecionados com o

auxílio do estereoscópio de espelho. Vale lembrar que pontos selecionados são detalhes fotoidentificáveis visíveis nas duas fotos digitais.

Quando se pretende monorestituir uma foto inteira, a realização da varredura monoscópica pressupõe a orientação de dois modelos. Por exemplo: de posse das fotos 1, 2 e 3, para monorestituir a foto 2 é preciso orientar os modelos 12 e 23.

Os dados provenientes da varredura monoscópica foram submetidos ao programa *Surfer* a fim de gerar uma grade regular de pontos. Esta grade, em função da escala da foto e do relevo existente na região, apresenta um espaçamento na direção X e Y de 60m.

### 3.3.1.3 Curvas de nível

Neste processo, os pontos com suas coordenadas (X,Y,Z) que permitem materializar as curvas de nível, foram extraídos do arquivo *.seq* da restituição convencional. Com estas informações e o programa *Surfer*, gerou-se uma grade regular de pontos, de modo similar ao arquivo da varredura monoscópica, ou seja, esta grade também tem um espaçamento na direção X e na direção Y de 60 metros.

### 3.3.2 Monorestituição digital

Trabalhando com o SMD, a realização deste procedimento está vinculada à execução das orientações interior, espacial aproximada e exata de cada aerofoto, conforme o item 2.6.2. Isso é feito pois os parâmetros obtidos na orientação espacial aproximada e exata serão utilizados na retificação planimétrica da digitalização.

A geração da carta, por meio da monorestituição, requer a realização das seguintes etapas:

a) Digitalização das entidades de interesse: com a fotografia no vídeo, procede-se à digitalização das entidades de interesse. No presente trabalho, foram digitalizadas entidades mais regulares, como por exemplo: rodovias, arruamentos e principais edificações. Pretendeu-se aqui digitalizar as mesmas entidades representadas na

restituição convencional para fins de comparação. Porém, devido à resolução da foto no vídeo e pelo fato de não se ter trabalhado com visão estereoscópica, houve dificuldade de se identificar rede de drenagem e as áreas que representavam a vegetação. Sendo assim, estas entidades não foram digitalizadas.

b) Transformações entre referenciais do espaço imagem e objeto: esta etapa diz respeito à retificação da digitalização, ou seja, fazer com que os pontos que definem as entidades digitalizadas sejam transformados do referencial de desenho para o referencial geodésico local. Isto é feito iterativamente, obedecendo à seqüência:

- obter as coordenadas de um ponto de uma entidade digitalizada no referencial do desenho;
- transformar as coordenadas no referencial do desenho para o referencial fiducial, e depois para o referencial fotogramétrico;
- transformar as coordenadas no referencial fotogramétrico em coordenadas geodésicas locais planas aproximadas, com a utilização da transformação projetiva plana;
- determinar a coordenada Z (altimétrica) do ponto com as coordenadas aproximadas no DTM;
- determinar as coordenadas geodésicas planas do ponto digitalizado com as coordenadas fotogramétricas do ponto, a coordenada aproximada Z e as equações de colinearidade inversa;
- determinar uma nova coordenada altimétrica mais precisa no DTM, e com esta determinar uma coordenada geodésica local plana com a equação de colinearidade inversa. Isto é feito uma vez que as coordenadas determinadas no item anterior são imprecisas devido ao fato de que a coordenada altimétrica do ponto foi obtida por interpolação. Esta nova coordenada altimétrica é mais precisa do que as determinadas anteriormente;
- realizar uma nova iteração sempre que a diferença planimétrica entre as coordenadas geodésicas locais planas calculadas entre duas iterações, for maior que a precisão definida;
- finalizar o processo quando a diferença entre duas iterações consecutivas, estiver dentro da precisão definida.

Devido as diferentes fontes altimétricas, no presente trabalho, foram obtidos três arquivos planimétricos retificados.

Então o arquivo *saida1.seq* foi gerado com o arquivo de varredura estereofotogramétrica; o arquivo *saida2.seq* foi gerado com o arquivo de varredura monoscópica; e o arquivo *saida3.seq* foi gerado com o arquivo que contém as informações das curvas de nível.

### 3.3 METODOLOGIA PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Aqui pretende-se verificar se as cartas geradas pela monorestituição digital atendem às especificações do Decreto Lei 89817 de 20 de junho de 1984, que estabelece parâmetros para a classificação de cartas, listados na tabela 1.

TABELA 1: ESPECIFICAÇÕES PARA CLASSIFICAR CARTAS.

Escala	Classe	PEC				Erro Padrão			
		Planimétrico		Altimétrico		Planimétrico		Altimétrico	
		Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (eqd)	Terreno (m)	Carta (mm)	Terreno (m)	Carta (eqd.)	Terreno (m)
1:1000	A	0.5	0.5	1*(1/2)	0.5	0.3	0.3	1*(1/3)	0.3
	B	0.8	0.8	1*(3/5)	0.6	0.5	0.5	1*(2/5)	0.4
	C	1.0	1.0	1*(3/4)	0.8	0.6	0.6	1*(1/2)	0.5
1:2000	A	0.5	1.0	1*(1/2)	0.5	0.3	0.6	1*(1/3)	0.3
	B	0.8	1.6	1*(3/5)	0.6	0.5	1.0	1*(2/5)	0.4
	C	1.0	2.0	1*(3/4)	0.8	0.6	1.2	1*(1/2)	0.5
1:5000	A	0.5	2.5	2*(1/2)	1.0	0.3	1.5	2*(1/3)	0.7
	B	0.8	4.0	2*(3/5)	1.2	0.5	2.5	2*(2/5)	0.8
	C	1.0	5.0	2*(3/4)	1.5	0.6	3.0	2*(1/2)	1.0
1:10000	A	0.5	5.0	5*(1/2)	2.5	0.3	3.0	5*(1/3)	1.7
	B	0.8	8.0	5*(3/5)	3.0	0.5	5.0	5*(2/5)	2.0
	C	1.0	10.0	5*(3/4)	3.8	0.6	6.0	5*(1/2)	2.5
1:25000	A	0.5	12.5	10*(1/2)	5.0	0.3	7.5	10*(1/3)	3.3
	B	0.8	20.0	10*(3/5)	6.0	0.5	12.5	10*(2/5)	4.0
	C	1.0	25.0	10*(3/4)	7.5	0.6	15.0	10*(1/2)	5.0
1:50000	A	0.5	25.0	20*(1/2)	10.0	0.3	15.0	20*(1/3)	6.6
	B	0.8	40.0	20*(3/5)	12.0	0.5	25.0	20*(2/5)	8.0
	C	1.0	50.0	20*(3/4)	15.0	0.6	30.0	20*(1/2)	10.0
1:100000	A	0.5	50.0	50*(1/2)	25.0	0.3	30.0	50*(1/3)	16.7
	B	0.8	80.0	50*(3/5)	30.0	0.5	50.0	50*(2/5)	20.0
	C	1.0	100.0	50*(3/4)	37.5	0.6	60.0	50*(1/2)	25.0
1:250000	A	0.5	125.0	100*(1/2)	50.0	0.3	75.0	100*(1/3)	33.3
	B	0.8	200.0	100*(3/5)	60.0	0.5	125.0	100*(2/5)	40.0
	C	1.0	250.0	100*(3/4)	75.0	0.6	150.0	100*(1/2)	50.0

FONTE: LEAL, 1998.

A tabela 1 mostra que a avaliação pode ser feita por meio do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e pelo Erro Padrão. O Decreto Lei considera que : “para efeito das presentes instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro Padrão, Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático”. Neste trabalho utilizou-se o PEC, levando-se em consideração a escala adotada para elaboração das cartas (1/250000) e os parâmetros para tal escala, listados na tabela 1. A classificação das cartas obtidas pela monorestituição digital foi feita por meio de uma representação gráfica, explicada no item 4.4.1 do presente trabalho.

Como base para avaliação, utilizou-se as diferenças entre as coordenadas de pontos que formam uma entidade, presentes na restituição convencional e na monorestituição,. As diferenças entre as coordenadas, bem como os valores da média e do desvio padrão, encontram-se no apêndice do presente trabalho.

Foram coletadas coordenadas de entidades que representam cercas, edificações, arruamentos e muros. Procedeu-se desta maneira uma vez que estas entidades digitalizadas apresentavam maior conformidade com as entidades da restituição convencional. A coleta das coordenadas foi realizada no programa *MicroStation*. Este programa permite que dois arquivos sejam sobrepostos. Utilizando este recurso, trabalhou-se com o arquivo gráfico proveniente da restituição convencional e os arquivos retificados pelo SMD (um de cada vez). Sendo assim, escolheu-se algumas entidades e procedeu-se a leitura de suas coordenadas nos dois arquivos. Acionou-se um comando do *MicroStation*, que a partir da seleção da entidade, mostra uma tabela que contém informações referentes à entidade selecionada como as coordenadas dos vértices, área e perímetro.

Em seguida calculou-se a diferença entre as coordenadas E e N das feições da restituição e de cada carta obtida pela monorestituição. A partir destes dados, obteve-se a média e o desvio padrão de cada conjunto composto pela diferença.

A análise estatística baseou-se em:

- 1) verificar a normalidade dos dados (no presente trabalho, as diferenças entre as coordenadas:  $\Delta E$  e  $\Delta N$ ), utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov (*K-S test*), presente no programa estatístico *Statgraphics*. As diferenças entre as coordenadas

foram separadas de acordo com as entidades as quais elas pertencem e ao arquivo altimétrico utilizado para retificar o arquivo gráfico. Para cada diferença foi calculada a distância quadrada generalizada (JOHNSON; WICHERN, 1998):

$$d_j^2 = (x_j - \bar{x})' S^{-1} (x_j - \bar{x}) \quad (52)$$

onde:

$j=1, \dots, n$ ;

$x_j$  = vetor que contém as diferenças entre as coordenadas ( $\Delta E$  e  $\Delta N$ );

$\bar{x}$  = vetor que contém as médias de  $\Delta E$  e  $\Delta N$ ;

$S$  = matriz variância-covariância entre  $\Delta E$  e  $\Delta N$ .

O sinal ' indica vetor transposto.

Cada conjunto destas distâncias, foi submetido ao programa *Statgraphics*, utilizando o *K-S test*. Em resposta o teste fornece um valor de probabilidade, sendo que este tem que ser maior do que 0,05 a fim de confirmar a normalidade da amostra.

A verificação da normalidade é um requisito para a aplicação do teste descrito a seguir.

2) a utilização do teste estatístico  $T^2$  de Hotelling, serve para verificar a hipótese de que a média da amostra coincide com a origem, ou seja, é nula. Caso a hipótese nula seja aceita ao nível de significância  $\alpha = 95\%$  (utilizado no presente trabalho), isto significa que a maior parte das observações se concentram em torno de (0,0). Se a hipótese nula for rejeitada, a média do conjunto não está próxima de (0,0), ou seja existe uma tendência da amostra se concentrar num ponto fora da origem. Este teste é dado por:

a)  $H_0: \mu = \mu_0$

$H_1: \mu \neq \mu_0$

$$b) n(\bar{X} - \mu_0)' S^{-1} (\bar{X} - \mu_0) > \frac{(n-1)p}{(n-p)} F_{(p, n-p)} \quad (53)$$

onde:

$n$  = número da amostra;

$\bar{X}$  = vetor das médias de  $\Delta N$  e  $\Delta E$ ;

$$\mu_0 = [0 \ 0]^T;$$

$S$  = matriz variância-covariância entre  $\Delta N$  e  $\Delta E$ ;

$p$  = número de variáveis (no presente trabalho  $p=2$ , que equivale às médias de  $\Delta N$  e  $\Delta E$ );

$F_{(p,n-p)}$  = valor obtido na tabela F de Snedecor com  $(p,n-p)$  graus de liberdade.

Os dados altimétricos utilizados na retificação da digitalização, também foram avaliados, a fim de verificar a qualidade do interpolador empregado no modelamento matemático de superfície (DTM).

Esta avaliação foi feita com um arquivo de pontos coletados na restituição convencional (.dat), arquivos altimétricos que foram submetidos ao programa *Surfer* (.grd) e uma ferramenta do programa denominada *residuals*. Esta ferramenta compara os dados do arquivo .dat e os arquivos .grd, calculando a diferença do valor da coordenada  $z$  dos arquivos citados anteriormente. Estas diferenças são chamadas resíduos, e estes podem ser positivos ou negativos. Se o valor da cota gerada pela restituição (arquivo .dat) for maior que o valor gerado pelo *Surfer*, o resíduo será positivo, caso contrário será negativo. A fórmula utilizada para calcular este resíduos é:

$$Z_{\text{res}} = Z_{\text{dat}} - Z_{\text{grd}} \quad (54)$$

onde:

$Z_{\text{res}}$  = valor do resíduo;

$Z_{\text{dat}}$  = valor de  $z$  no arquivo de entrada;

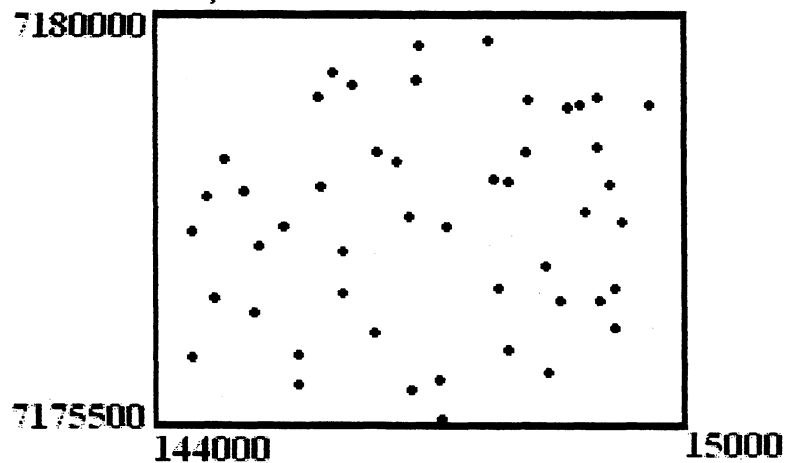
$Z_{\text{grd}}$  = valor de  $z$  gerado pelo *Surfer*.



Com as diferenças obtidas pelo *Surfer*, calculou-se o desvio padrão e este resultado foi avaliado com base no Decreto Lei citado anteriormente.

A figura 10 ilustra a disposição dos pontos que foram coletados na restituição convencional.

FIGURA 10: DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS COLETADOS NA RESTITUIÇÃO.



## 4 RESULTADOS

### 4.1 MONORESTITUIÇÃO DIGITAL

A aplicação da monorestituição digital depende da realização das orientações interior, exterior aproximada e exterior exata conforme o item 3.3.2.

As tabelas 2 e 3 apresentam os resíduos da orientação interior das duas fotos, respectivamente. A avaliação que pode ser feita dos resultados fornecidos pelos desvios padrão destas tabelas, é a seguinte: as fotografias analógicas foram digitalizadas matricialmente com uma resolução óptica de 1000 dpi (ou 1000 pontos por polegada). Isso quer dizer que dentro de uma polegada (ou 25,4mm) existem 1000 pontos. Cada ponto, portanto, possui a dimensão de 0,0254 mm, que representa o tamanho do pixel no referencial da imagem. Confrontando este valor com os valores dos desvios padrão, percebe-se que os últimos são menores, indicando que as leituras das marcas fiduciais foram satisfatórias.

TABELA 2: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO INTERIOR DA FOTO 144.

Marca	Resíduos (mm)	
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
1	-0.001	0.0021
2	-0.001	0.0021
3	0.001	-0.0021
4	0.001	-0.0021
Desvio padrão (mm)	0.001	0.002

TABELA 3: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO INTERIOR DA FOTO 145

Marca	Resíduos (mm)	
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
1	-0.005	0.011
2	-0.005	0.011
3	0.005	-0.011
4	0.005	-0.011
Desvio padrão (mm)	0.005	0.012

A seguir foi analisada a qualidade das orientações espacial aproximada e exata de duas aerofotos, através dos desvios padrão mostrados nas tabelas 4, 5, 6, e 7.

As tabelas 4 e 5 dizem respeito à orientação espacial aproximada de duas fotografias. Tratando-se do ajustamento de uma transformação linear aproximada, verifica-se que os desvios padrão obtidos encontram-se dentro do esperado, pois os resultados da modelagem são em função do relevo existente na região. Quanto maior a variação do relevo, piores são os resíduos nos pontos de apoio. Para realizar a orientação espacial aproximada, foram utilizados os pontos de apoio cadastrados e lidos.

**TABELA 4: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL APROXIMADA DA FOTO 144**

Ponto	Resíduos (m)	
	Vx	Vy
37019	-13.725	-3.402
37020	3.943	9.864
37021	15.057	2.044
37022	8.077	-7.885
37023	-17.145	2.869
37024	3.477	-12.152
37025	2.135	12.235
37026	1.568	-1.567
37027	0.169	4.384
37028	-0.796	-10.058
37029	10.496	-2.406
37030	-8.549	6.412
37031	-12.710	-0.407
37032	-9.724	-12.636
37033	17.725	12.705
Desvio padrão (m)	10.567	8.331

**TABELA 5: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL APROXIMADA DA FOTO 145**

continua

Ponto	Resíduos (m)	
	Vx	Vy
37024	-13.533	-9.407
37025	18.970	9.940
37026	6.975	-1.416
37027	-12.006	8.831
37028	-0.873	-8.285

TABELA 5: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL APROXIMADA DA FOTO 145

conclusão		
	Resíduos (m)	
Ponto	Vx	Vy
37029	-1.830	-2.008
37030	-0.017	7.583
37031	-0.848	-1.238
37032	1.637	-14.112
37033	1.525	10.111
Desvio padrão (m)	9.102	8.821

As tabelas 6 e 7 ilustram os resultados obtidos pelo ajustamento na realização da orientação espacial exata. A precisão esperada neste caso, é de 1 ou 2 pixels na escala da foto. Para o presente trabalho, adotou-se o valor de 2 pixels que corresponde a 50 $\mu$ m. Levando-se em conta este valor e a escala da foto (1:60000). A precisão esperada é de 3 metros. De acordo com as referidas tabelas, os resíduos obtidos nos pontos fotogramétricos estão dentro da precisão estabelecida.

TABELA 6: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL EXATA DA FOTO 144

	Resíduos (m)		
Ponto	Vx	Vy	Vz
37019	-1.147	-8.241	-1.391
37020	-1.522	0.529	-1.284
37021	-0.887	0.452	-0.933
37022	0.929	-0.578	1.265
37023	-0.405	-1.381	1.000
37024	0.896	0.120	0.134
37025	0.451	0.181	0.112
37026	0.852	-0.357	0.049
37027	0.774	-0.568	0.352
37028	0.677	-1.771	1.830
37029	-0.472	0.594	1.157
37030	-1.972	-0.306	1.662
37031	0.593	0.950	-0.587
37032	0.834	1.209	-1.652
37033	0.399	1.168	-1714
Desvio padrão (m)	0.984	2.302	1.215

TABELA 7: RESÍDUOS DA ORIENTAÇÃO ESPACIAL EXATA DA FOTO 145

Ponto	Resíduos (m)		
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>
37024	0.452	-0.356	0.100
37025	-0.048	-1.698	-0.989
37026	0.913	-0.487	0.970
37027	0.901	1.482	-0.024
37028	-0.750	-0.633	-0.101
37029	-0.998	0.208	0.191
37030	-0.527	0.196	0.101
37031	-0.782	0.842	-0.021
37032	0.381	0.613	-0.424
37033	0.456	-0.165	0.197
Desvio padrão (m)	0.719	0.884	0.495

## 4.2 Obtenção da informação altimétrica

### 4.2.1 Varredura estereofotogramétrica

Quando se realiza a varredura estereofotogramétrica, o operador movimenta a marca flutuante tangenciando o terreno e sem interromper este movimento, dado um espaçamento pré-estabelecido, ele procede à leitura dos pontos. O erro esperado neste procedimento equivale a 1 ou 2 vezes o tamanho da marca flutuante, que é de 30 $\mu$ m.

No presente trabalho foi adotado o erro de 50 $\mu$ m, que na escala 1:60000 corresponde a 3 metros. Levando em consideração o desvio padrão da diferença, realizada pelo *Surfer*, entre as cotas da restituição convencional e da varredura estereofotogramétrica, nota-se que estes resultados se encontram dentro da precisão esperada, como mostra a tabela 8.

TABELA 8: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E VARREDURA ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.

continua

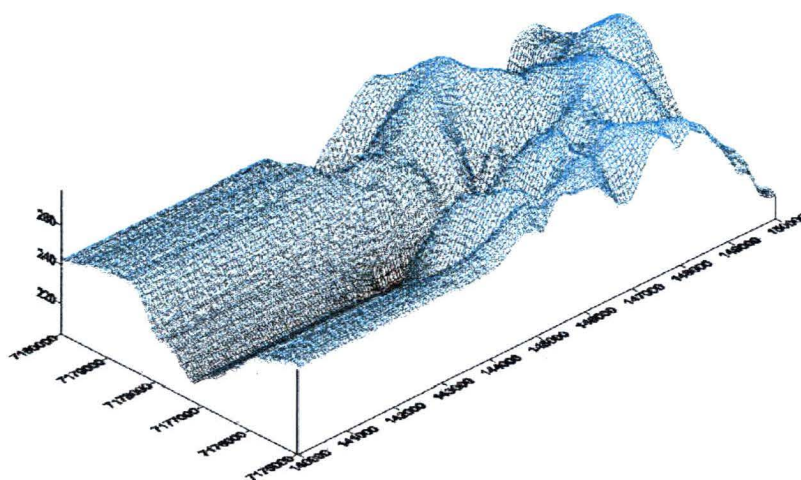
Coordenadas retiradas da restituição			Diferença entre as cotas da restituição e as cotas da varredura estereofotogramétrica
E	N	Z	
149605	7179000	250	2.3307
149000	7179095	240	7.5897
148810	7179000	245	1.4376
148235	7179070	238.8	2.6571
147000	7179650	260	2.1116
147765	7179680	250	3.4276
146970	7179270	267.7	2.2377
146250	7179235	255	3.1192
146000	7179360	245	3.9302
145850	7179070	250	2.6371
149000	7178550	250	1.8017
149150	7178135	261.1	1.1627
148665	7178985	247.7	1.9615
148195	7178495	257.4	1.9020
147840	7178175	265	3.4478
147990	7178165	259	-0.4782
146760	7178360	248.1	3.9469
146500	7178505	260	1.8752
145860	7178105	240	3.3929
145855	7178100	240	3.5309
144780	7178420	240.4	2.6911
145000	7178070	245	3.8010
149285	7177745	260	-0.6818
149210	7177000	255	2.3918
148420	7177270	276.7	1.6014
148850	7177850	265	1.8135
147310	7177690	236.9	3.9313
147865	7177015	268.2	2.1550
146890	7177800	245	5.8513
146115	7177410	221.6	1.6791
145165	7177470	213.8	3.9583
145450	7177680	220	4.8525
144395	7177630	215	7.1045
144580	7177998	240	3.0241
149205	7176600	250	0.5532
149030	7176890	260	-1.9566
148590	7176860	277.5	1.2861
148440	7176110	245	4.2047
147215	7176003	263.5	1.8312
147990	7176350	247.6	1.4607
146500	7176510	270	3.6863
146110	7176940	250	3.0192
145635	7176270	235.4	5.5613
145125	7176750	245	1.4068
144670	7176905	240	3.7209

TABELA 8: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E VARREDURA ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.

Coordenadas retiradas da restituição			conclusão
E	N	Z	Diferença entre as cotas da restituição e as cotas da varredura estereofotogramétrica
144400	7176280	240	2.1550
147230	7175580	274.6	1.6320
146925	7175920	260.8	0.7237
145620	7175980	245	2.1246
Média			2.7722
Desvio padrão			1.559

Esta informação altimétrica foi submetida ao programa *Surfer* a fim de gerar uma grade regular (espaçamento em X e Y de 60m), como mostra a figura 11.

FIGURA 11: DTM GERADO PELO *SURFER* COM OS DADOS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.



#### 4.2.2 Varredura monoscópica

Como exposto no item 2.5.1.2, a realização da varredura monoscópica depende da formação analítica do modelo, que no programa SMD é executada pela realização das orientações relativa e absoluta. No programa SMD, para realizar estas orientações é necessário proceder à orientação interior e espacial aproximada e exata de cada foto.

As tabelas 9 e 10, mostram os resíduos das orientações relativa e absoluta.

TABELA 9: RESULTADO DO AJUSTAMENTO DA ORIENTAÇÃO RELATIVA.

Ponto	Resíduos (m)	
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
37024	-0.000	-0.018
37025	0.000	0.023
37026	0.000	0.009
37027	0.000	-0.021
37028	-0.000	0.007
37029	0.000	0.008
37030	-0.000	-0.009
37031	-0.000	-0.001
37032	0.000	-0.002
37033	-0.000	0.005
Desvio padrão (m)	0	0.014

TABELA 10: RESULTADO DO AJUSTAMENTO DA ORIENTAÇÃO ABSOLUTA.

Ponto	Resíduos (m)		
	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>
37024	0.254	-0.619	-0.044
37025	-0.018	-0.652	-0.050
37026	0.374	-0.055	0.463
37027	0.493	0.957	0.436
37028	0.521	-1.613	-0.829
37029	-0.700	0.292	-0.548
37030	-0.496	-0.821	1.029
37031	-0.690	0.889	-0.903
37032	0.122	0.833	-0.019
37033	0.138	0.789	0.465
Desvio padrão (m)	0.467	0.894	0.622

A avaliação que pode ser feita em relação aos resultados apresentados nas orientações relativa e absoluta, presentes nas tabelas 9 e 10, respectivamente, é a mesma utilizada nas orientações espacial aproximada e exata, uma vez que em todos os casos foram utilizados os pontos de apoio cadastrados e lidos. Sendo assim, a precisão esperada para as orientações relativa e absoluta é de 3 metros.

Os resultados fornecidos pelos desvios padrão das tabelas 9 e 10, mostram que as leituras dos pontos de apoio foram satisfatórias.

Vale lembrar que a realização da varredura monoscópica está vinculada ao fato de que é necessário que o mesmo detalhe escolhido, tem que estar presente nas duas



fotos. Essa condição pode gerar alguma dificuldade, pois alguns detalhes escolhidos na pré-seleção (feita com estereoscópio de espelho no presente trabalho) são descartados por não atenderem esta condição. Isto faz com que o número de pontos diminua, acarretando uma imprecisão nos resultados, quando se realiza a interpolação para gerar uma grade regular.

O erro na leitura de pontos neste procedimento é de 2 pixels, que na escala utilizada no presente trabalho (1:60000) corresponde a 3 metros. De acordo com a tabela 11, o desvio padrão das diferenças entre as cotas coletadas na restituição convencional e da varredura monoscópica, calculadas pelo programa *Surfer*, se encontram dentro da precisão desejada.

TABELA 11: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E VARREDURA MONOSCÓPICA.

continua

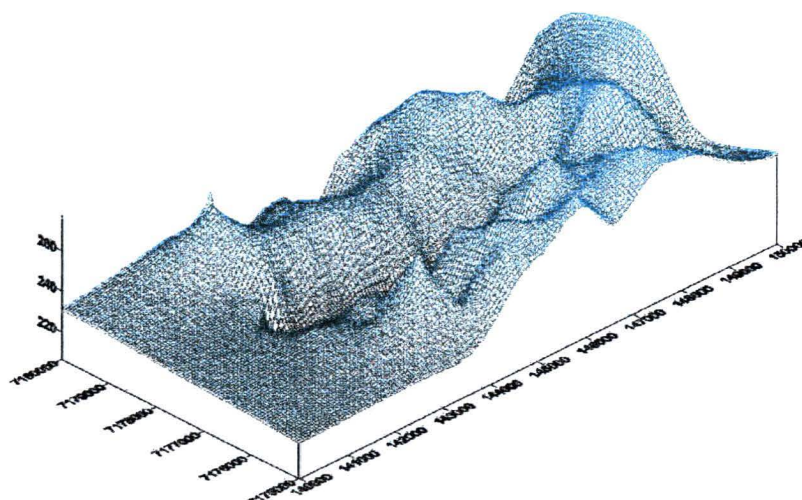
Coordenadas retiradas da restituição			Diferença entre as cotas da restituição e as cotas da varredura monoscópica
E	N	Z	
149605	7179000	250	-7.6536
149000	7179095	240	-1.8040
148810	7179000	245	1.3649
148235	7179070	238.8	0.0123
147000	7179650	260	3.4195
147765	7179680	250	3.4082
146970	7179270	267.7	4.4457
146250	7179235	255	5.3628
146000	7179360	245	3.3318
145850	7179070	250	5.7753
149000	7178550	250	-6.4086
149150	7178135	261.1	-0.8125
148665	7178985	247.7	4.3188
148195	7178495	257.4	2.5238
147840	7178175	265	5.7344
147990	7178165	259	-2.3714
146760	7178360	248.1	0.5190
146500	7178505	260	6.6679
145860	7178105	240	2.8793
145855	7178100	240	3.1341
144780	7178420	240.4	-5.5240
145000	7178070	245	6.0594
149285	7177745	260	-0.3268
149210	7177000	255	-0.7690
148420	7177270	276.7	2.4978
148850	7177850	265	0.1170
147310	7177690	236.9	-5.3304

TABELA 11: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E VARREDURA MONOSCÓPICA.

Coordenadas retiradas da restituição			conclusão
E	N	Z	Diferença entre as cotas da restituição e as cotas da varredura monoscópica
147865	7177015	268.2	1.0905
146890	7177800	245	8.2205
146115	7177410	221.6	-4.0911
145165	7177470	213.8	-1.5263
145450	7177680	220	3.2476
144395	7177630	215	1.9306
144580	7177998	240	2.8543
149205	7176600	250	-0.6368
149030	7176890	260	-1.3822
148590	7176860	277.5	2.2111
148440	7176110	245	2.9754
147215	7176003	263.5	-0.4074
147990	7176350	247.6	-3.5899
146500	7176510	270	4.5222
146110	7176940	250	5.1699
145635	7176270	235.4	4.6250
145125	7176750	245	1.8723
144670	7176905	240	7.0229
144400	7176280	240	2.1268
147230	7175580	274.6	5.0372
146925	7175920	260.8	-2.1286
145620	7175980	245	-2.8539
Média			3.3081
Desvio padrão			2.1301

A figura 12 foi gerada no programa *Surfer* a fim de ilustrar os dados do arquivo de varredura monoscópica.

FIGURA 12: DTM GERADO PELO *SURFER* COM OS DADOS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.



#### 4.2.3 Curvas de nível

Estes dados foram extraídos do arquivo digital da restituição convencional. A fim de gerar uma malha regular de pontos, este dados também foram submetidos ao programa *Surfer*.

De acordo com a tabela 1, o erro mínimo permitido para a escala da restituição (1:10000) é de 1,7 metros. Observando o valor do desvio padrão obtido pela diferença entre as cotas coletadas na restituição convencional e da varredura monoscópica, calculadas pelo programa *Surfer*, conclui-se que este valor se encontra dentro da precisão desejada.

TABELA 12: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E CURVA DE NÍVEL.

Coordenadas retiradas da restituição			Diferença entre as cotas da restituição e as cotas das curvas de nível
E	N	Z	
149605	7179000	250	-0.3813
149000	7179095	240	4.9471
148810	7179000	245	-1.2008
148235	7179070	238.8	1.0805
147000	7179650	260	-0.2510
147765	7179680	250	0.3238

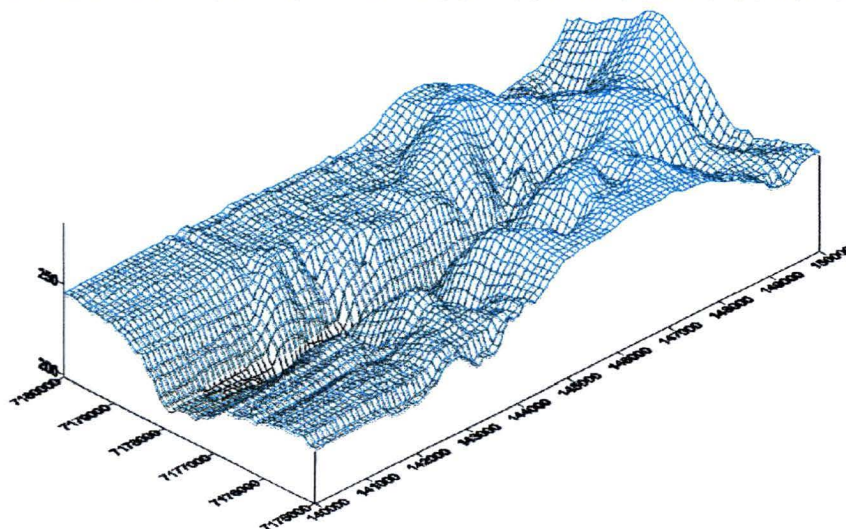
continua

TABELA 12: DIFERENÇAS ENTRE AS COTAS DA RESTITUIÇÃO CONVENCIONAL E CURVA DE NÍVEL.

Coordenadas retiradas da restituição			conclusão
E	N	Z	Diferença entre as cotas da restituição e as cotas das curvas de nível
146970	7179270	267.7	1.5871
146250	7179235	255	0.3559
146000	7179360	245	0.0129
145850	7179070	250	0.0640
149000	7178550	250	-0.3663
149150	7178135	261.1	-1.4194
148665	7178985	247.7	-0.0891
148195	7178495	257.4	-0.2368
147840	7178175	265	0.4235
147990	7178165	259	-0.9522
146760	7178360	248.1	0.6824
146500	7178505	260	0.0453
145860	7178105	240	-0.5460
145855	7178100	240	-0.3742
144780	7178420	240.4	-3.6668
145000	7178070	245	0.0505
149285	7177745	260	-3.5080
149210	7177000	255	0.4255
148420	7177270	276.7	1.1842
148850	7177850	265	0.0470
147310	7177690	236.9	-1.2766
147865	7177015	268.2	0.6592
146890	7177800	245	0.4417
146115	7177410	221.6	-1.9510
145165	7177470	213.8	1.5850
145450	7177680	220	0.4102
144395	7177630	215	0.4283
144580	7177998	240	-0.9087
149205	7176600	250	-0.2083
149030	7176890	260	-4.8203
148590	7176860	277.5	2.1591
148440	7176110	245	0.0815
147215	7176003	263.5	1.2320
147990	7176350	247.6	1.4888
146500	7176510	270	0.4610
146110	7176940	250	-0.0780
145635	7176270	235.4	-0.8427
145125	7176750	245	-0.1909
144670	7176905	240	0.01450
144400	7176280	240	0.2599
147230	7175580	274.6	2.5100
146925	7175920	260.8	-3.1829
145620	7175980	245	-0.0553
Média			1.0095
Desvio padrão			1.2124

A figura 13 foi gerada no programa *Surfer* para ilustrar os dados do arquivo das curvas de nível.

FIGURA 13: DTM GERADO PELO *SURFER* COM OS DADOS DAS CURVAS DE NÍVEL.



#### 4.2.4 Avaliação dos dados altimétricos

Comparando-se os resultados do desvio padrão obtido para cada diferença entre a restituição e as diferentes fontes de altimetria, mostrados na tabela 13, estes se mostraram satisfatórios. Como era esperado, os dados referentes às curvas de nível apresentaram um melhor desempenho, visto que os dados são provenientes da mesma fonte que gerou a restituição convencional. Porém, os outros dois resultados são parecidos podendo ser considerados bons.

TABELA 13: RESUMO DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS REFERENTES À ALTIMETRIA.

	Média	Desvio padrão
Diferença entre a restituição e varredura estereofotogramétrica	2.7722	1.559
Diferença entre a restituição e varredura monoscópica	3.3081	2.1301
Diferença entre a restituição e curva de nível	1.0095	1.2124

Levando-se em consideração as representações dos DTM's nas figuras 11, 12 e 13, nota-se que as figuras geradas com as informações altimétricas provenientes da varredura estereofotogramétrica (fig. 11) e das curvas de nível (fig. 13), apresentam



maior similaridade entre si. A figura 12, cuja representação é derivada da varredura monoscópica, apresenta diferenças em relação as outras, ilustrando o fato de que poucos pontos em certas regiões acarretam uma aproximação do interpolador que não corresponde à realidade. Isto pode ser percebido na região onde nesta figura está representada uma extensão plana e nas outras, no mesmo local, há a presença de um vale.

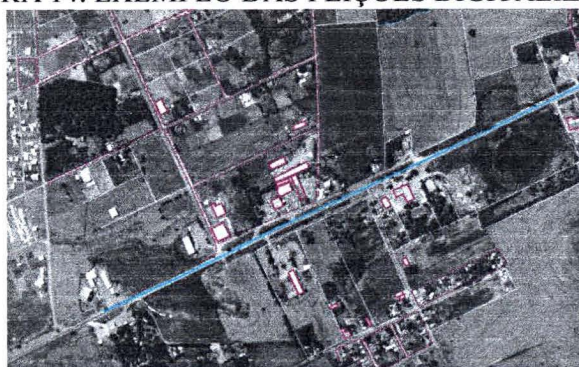
#### 4.3 DIGITALIZAÇÃO DAS ENTIDADES

A digitalização das entidades foi realizada com os programas *MicroStation* e *IrasC*. Com a fotografia digital na tela do computador e com os recursos do *MicroStation*, desenhou-se sobre a fotografia as feições que possuíam forma mais regular (por exemplo, quadras) com o comando *line string*, traçando retas e polígonos fechados. Não foram digitalizadas as feições referentes à vegetação e hidrografia, devido à dificuldade em representá-los do mesmo modo como estavam na restituição.

Como foi proposto digitalizar as feições que estavam na restituição, algumas delas, ainda que regulares, não foram digitalizadas, dada a dificuldade em determinar seus limites, que na fotografia digital não estavam bem definidos.

As feições digitalizadas foram: “rodovia federal”, “via carroçável”, “via não pavimentada”, “via pavimentada”, “área de densidade urbana” (quadras), “edificação de grande porte”, “muro” e “cerca”, de acordo com a legenda apresentada na restituição convencional, como ilustra a figura 14.

FIGURA 14: EXEMPLO DAS FEIÇÕES DIGITALIZADAS.



#### 4.4 RETIFICAÇÃO DO ARQUIVO GRÁFICO

Utilizando o arquivo gráfico (.dgn) gerado no item anterior (4.3) e cada arquivo contendo as diferentes informações altimétricas, obteve-se três arquivos gráficos retificados, onde as entidades digitalizadas, definidas por coordenadas, foram transformadas do referencial de desenho para o referencial UTM.

##### 4.4.1 Resultados da retificação realizada com a varredura estereofotogramétrica

A tabela 14 resume os cálculos estatísticos realizados para cada feição. Por esta tabela verifica-se que as diferenças são normais (*K-S test*), uma vez que em todos os casos o valor calculado pelo teste é maior do que 0,05, condição do teste para que a amostra seja considerada normal.

A mesma tabela mostra que as médias são iguais a zero (teste  $T^2$ ), pois o termo “Teste  $T^2$  – primeira parte” que refere-se ao resultado do lado esquerdo da eq. 53, é maior do que o termo “Teste  $T^2$  – segunda parte” que mostra o lado direito da mesma equação; sendo a esta a condição para que se aceite a hipótese nula ( $H_0$ ) a um nível de significância de 95%, para os quatro tipos de feições.

TABELA 14: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS FEIÇÕES RETIFICADAS COM INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.

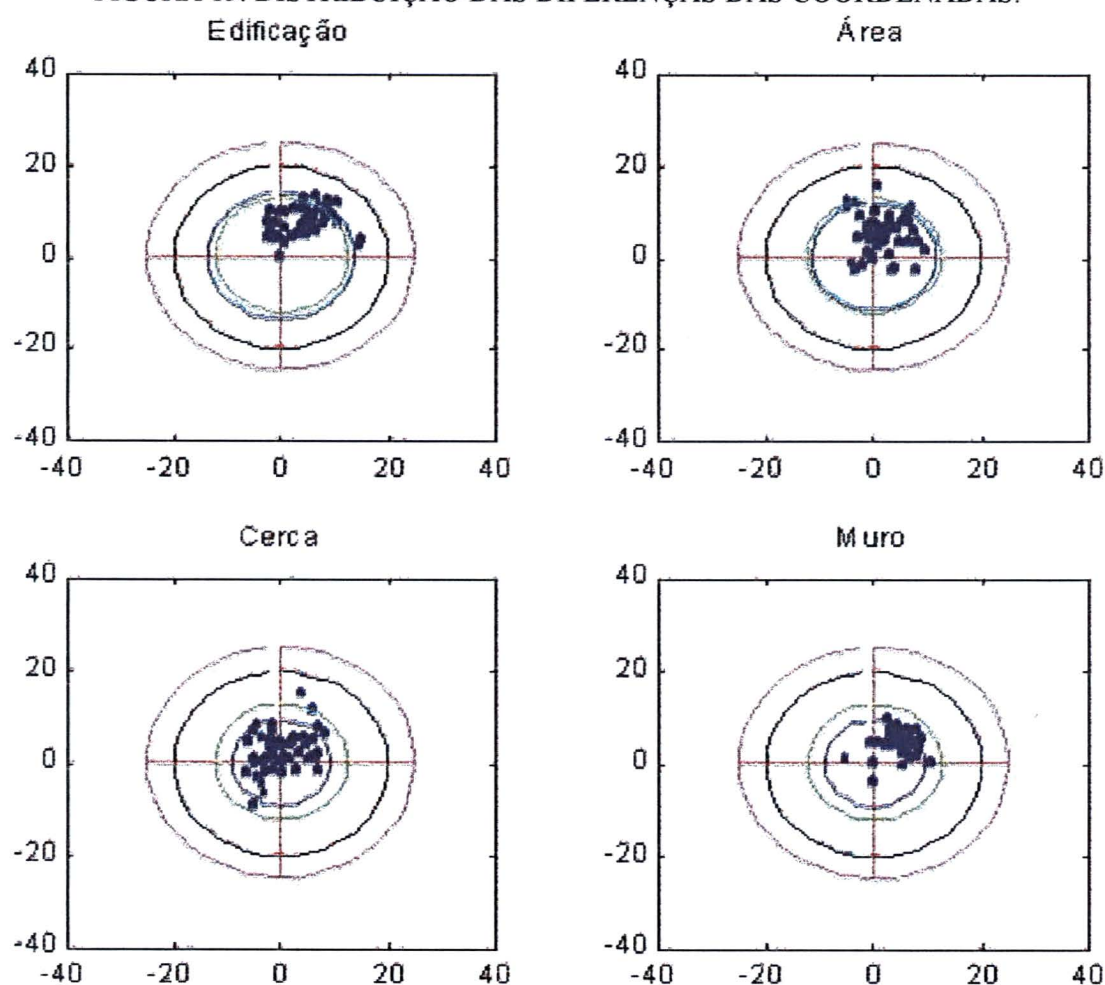
Feição	Edificação	Área	Cerca	Muro
Número de pontos	50	47	50	40
Média de $\Delta E$ (m)	4.5016	1.5343	0.1054	4.624
Desvio padrão de $\Delta E$ (m)	4.2325	3.6547	4.2106	2.8409
Média de $\Delta N$ (m)	7.5546	4.5751	2.039	4.3218
Desvio padrão de $\Delta N$ (m)	2.7852	4.4577	4.4686	2.5325
Normalidade ( <i>K-S test</i> )	0.390408	0.409447	0.680107	0.319544
Teste $T^2$ – primeira parte	374.15	62.11	11.557	213.31
Teste $T^2$ – segunda parte	6.5144	6.551	6.5144	6.6604
Raio (90% dos pontos)	13.741	11.649	9.23	9.3162

A figura 15 ilustra as diferenças entre as coordenadas N e E de cada feição. No gráfico o eixo vertical, diz respeito à diferença entre as coordenadas N, e o eixo horizontal diz respeito à diferença entre as coordenadas E.

O Decreto Lei fixa valores máximos para cada classe. Estes valores foram representados sob forma de círculo com raio igual ao valor máximo permitido por classe. Assim, os círculos verde, preto e magenta possuem raio igual aos valores do PEC na quarta coluna (contada da esquerda para a direita) da tabela 1, em relação à escala de 1:25000; que são respectivamente 12,5m para a classe A, 20m para a classe B e 25m para a classe C.

O círculo azul mostra a região que engloba 90% das observações de cada feição, lembrando que esta é uma condição para que uma carta seja classificada, pois de acordo com o Decreto Lei: “o PEC é um indicador estatístico de dispersão relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos”. A classificação é feita da seguinte maneira: por exemplo, para classificar uma carta na classe B, o círculo azul deve estar dentro do círculo preto.

FIGURA 15: DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS.





De acordo com o Decreto Lei, a feição edificação se enquadra na classe B, pois o círculo azul encontra-se dentro do preto. Isso é confirmado pelo fato do raio do círculo azul ser igual a 13,741, que faz com que esta feição seja classificada como B. Analisando visualmente a distribuição das diferenças da feição edificação, nota-se que a distribuição das diferenças não se concentra em torno da origem, o que caracteriza uma tendência para valores positivos. Os desvios neste caso, podem ser causados pela altura das edificações. Este fato vem ao encontro à teoria, uma vez que a monorestituição depende do DTM e este só fornece informação a respeito do “chão”. Então, em princípio, a monorestituição não fornece bons resultados em feições que apresentam variação de altura.

A feição área foi classificada na classe A, uma vez que o círculo azul está dentro do círculo verde e que o valor do raio do círculo azul é igual a 11,649. Nesta feição, que diz respeito às quadras, os pontos tendem a se concentrar mais em torno da origem. O gráfico indica que os desvios são menores. Isso era esperado, uma vez que essa feição não apresenta altura. A presença dos desvios se deve ao fato de que houve diferença na identificação dos pontos que compõem esta feição na estereorestituição e na monorestituição.

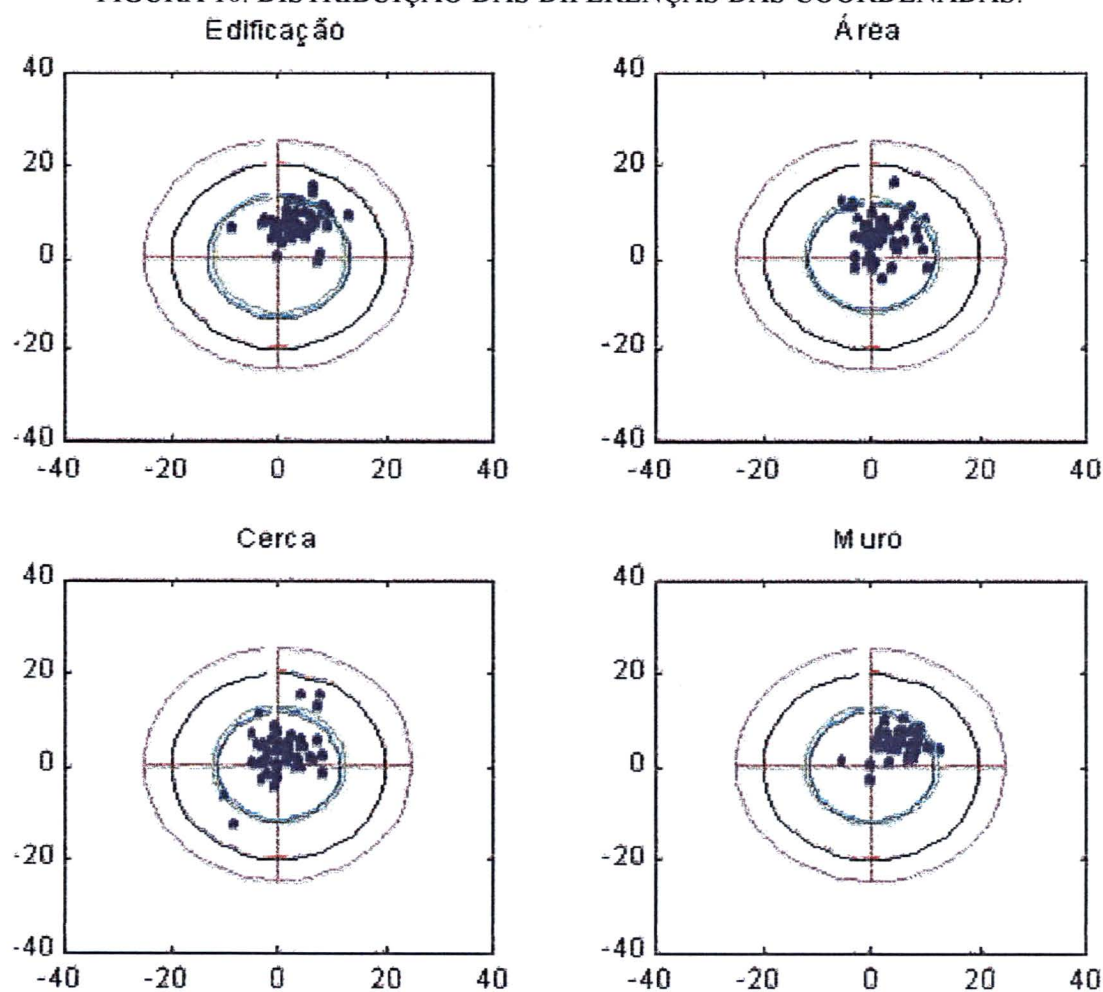
Na feição cerca, como no caso da feição área, os pontos também se concentraram mais em torno da origem, o que pode indicar que a feição cerca estava bem definida na fotografia, permitindo uma melhor identificação. Esta feição foi classificada na classe A, uma vez que o valor do raio que engloba 90% dos pontos é igual a 9.23.

Observando o valor do raio do círculo azul (9.3162), a feição muro se encaixa na classe A. A análise visual da distribuição dos pontos desta feição, mostra que muitos deles se concentram no 1º quadrante, de maneira similar aos dados da feição edificação. A feição muro teve uma classificação melhor do que a edificação, por possuir uma altura menor.

#### 4.4.2 Resultados da retificação realizada com a varredura monoscópica

Esta avaliação foi feita de maneira similar àquela descrita no item 4.4.1, como ilustra a figura 16. Pode-se notar que a disposição dos pontos é parecida com a figura 15.

FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS.



A tabela 15 mostra os resultados estatísticos obtidos para cada feição. De maneira similar à tabela 14, os resultados da tabela 15 indicam que as diferenças são normais (*K-S test*) e que as médias são iguais a zero (teste  $T^2$ )

**TABELA 15: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS FEIÇÕES RETIFICADAS COM INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.**

Feição	Edificação	Área	Cerca	Muro
Número de pontos	50	47	50	40
Média de $\Delta E$ (m)	3.8772	2.0257	0.723	5.0567
Desvio padrão de $\Delta E$ (m)	3.9632	3.8795	4.188	3.4125
Média de $\Delta N$ (m)	7.2468	4.6868	2.4174	4.563
Desvio padrão de $\Delta N$ (m)	3.0927	4.4105	4.9543	2.5054
Normalidade ( <i>K-S test</i> )	0.475212	0.571346	0.370481	0.272891
Teste $T^2$ – primeira parte	284.22	71.67	11.978	187.7
Teste $T^2$ – segunda parte	6.5144	6.551	6.5144	6.6604
Raio (90% dos pontos)	13.316	11.74	11.552	11.602

Em relação à classificação das feições, nota-se que a feição edificação, neste caso, se encaixa na classe B. A classificação das demais feições, manteve-se igual à apresentada no item 4.3.1: as feições área, cerca e muro se enquadram na classe A.

#### 4.4.3 Resultados da retificação realizada com as curvas de nível

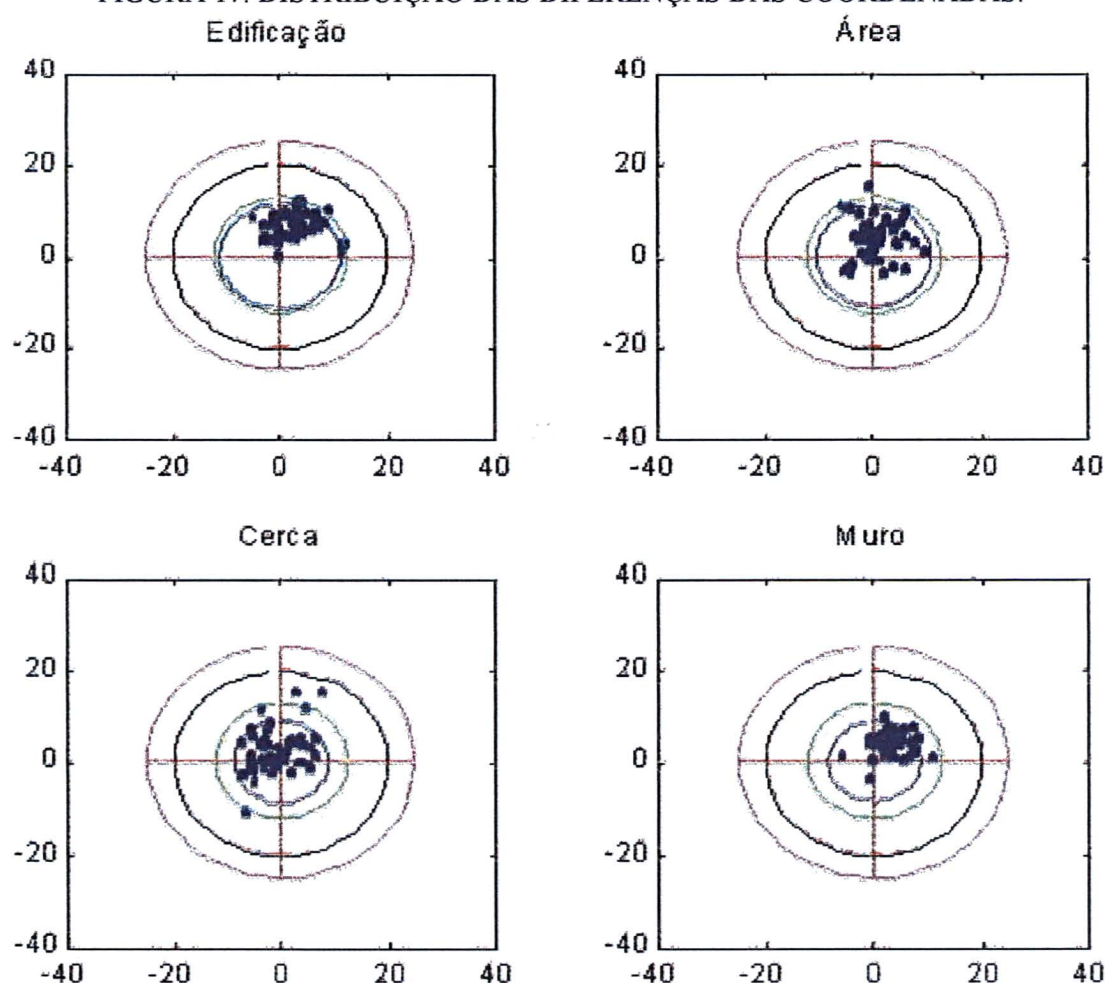
Na tabela 16 estão os resultados estatísticos obtidos para cada feição. Como nos casos anteriores, de acordo com os resultados listados nesta tabela, as diferenças são normais (*K-S test*) e as médias são iguais a zero (teste  $T^2$ ).

**TABELA 16: AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DAS FEIÇÕES RETIFICADAS COM INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

Feição	Edificação	Área	Cerca	Muro
Número de pontos	50	47	50	40
Média de $\Delta E$ (m)	2.8602	0.70957	-0.8876	3.8247
Desvio padrão de $\Delta E$ (m)	3.8298	3.7204	4.2295	3.0292
Média de $\Delta N$ (m)	6.2188	3.836	1.9678	3.712
Desvio padrão de $\Delta N$ (m)	2.5085	4.5675	4.7826	2.3882
Normalidade de ( <i>K-S test</i> )	0.576522	0.572651	0.477197	0.546806
Teste $T^2$ – primeira parte	315.33	35.261	16.313	149.43
Teste $T^2$ – segunda parte	6.5144	6.551	6.5144	6.6604
Raio (90% dos pontos)	11.327	10.743	8.9452	8.6201

De acordo com a figura 17, a distribuição dos pontos não é muito diferente das distribuições apresentadas nas figuras 15 e 16.

FIGURA 17: DISTRIBUIÇÃO DAS DIFERENÇAS DAS COORDENADAS.



Neste caso todas as feições se encaixam na classe A.

#### 4.4.4 Avaliação da planimetria

Os resultados obtidos na avaliação estatística pelo teste  $T^2$ , mostram que todas as diferenças se concentram em torno de (0,0). Porém, observando as figuras 15, 16 e 17, percebe-se que a representação das diferenças das coordenadas das feições “edificação” e “muro” são as que mais se afastam da origem. Esta diferença pode ser atribuída ao fato de que o DTM trata somente das informações do terreno, não levando em consideração a altura de outros elementos presentes na área de interesse. Soma-se a isso, a diferença de interpretação das mesmas feições, por parte de quem realizou a estereorestituição e a monorestituição, e o fato da escala da foto utilizada na

monorestituição ser pequena (1:60000), causando certa dificuldade na digitalização das feições.

#### 4.5 EDIÇÃO DO ARQUIVO GRÁFICO RETIFICADO

A fim de se obter uma carta, foi realizada a edição gráfica do arquivo retificado, que nada mais é do que inserir a legenda e a toponímia, em cada arquivo retificado. A carta exibida no apêndice do presente trabalho, diz respeito às informações retificadas como arquivo proveniente da varredura estereofotogramétrica. As outras cartas não constam do apêndice uma vez que não houve diferença significativa no traçado das entidades.

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho verificou-se a viabilidade prática e operacional do uso da monorestituição digital na elaboração de uma carta planimétrica, tendo como base, fotografias aéreas de pequena escala e informações altimétricas de diferentes fontes.

Em se tratando da realização da monorestituição digital, destacam-se algumas vantagens e desvantagens em relação ao seu uso. Dentre as vantagens tem-se a facilidade operacional do programa Sistema Monorestituído Digital (utilizado para proceder à monorestituição), desde que o usuário seja submetido a um treinamento em que sejam discutidas as técnicas empregadas na realização da monorestituição (por exemplo, como são realizadas as orientações e o que elas significam). Na aplicação da monorestituição, não se trabalha com a visão estereoscópica. É um equipamento de baixo custo, necessitando para a sua utilização um PC (*personal computer*) e do programa MicroStation (para realizar a digitalização).

Em relação às desvantagens, tem-se que a monorestituição depende de um DTM que represente adequadamente a região de interesse, a fim de retificar o arquivo gráfico. Outra desvantagem é o fato de que sem a visão estereoscópica, poderá haver dificuldade na identificação de detalhes presentes na aerofoto. Isto pode afetar o resultado em regiões como limites de bosques ou córregos.

Pelo fato da monorestituição depender de um DTM e como neste trabalho foi realizada uma avaliação de diferentes fontes altimétricas para gerá-lo, considerou-se que as curvas de nível apresentaram o melhor resultado, sendo este tipo de fonte altimétrica mais comum, podendo ser obtida em cartas de diversas escalas. Isto já era esperado, visto que a informação altimétrica é derivada por meio da restituição estereofotogramétrica. No entanto as curvas de nível fornecem apenas informações do terreno o que dificulta a restituição de objetos com elevação, como prédios. A vantagem das curvas de nível é que os detalhes topográficos são bem definidos, fornecendo informação a respeito de vales e picos presentes no terreno.

A varredura monoscópica, no presente trabalho, forneceu bons resultados. Em regiões com ausência de mapas topográficos na escala compatível com o trabalho que

se quer realizar e conseqüente falta de informação altimétrica, a varredura monoscópica pode ser uma boa opção na obtenção das informações altimétricas. Porém, vale recordar da condição para realizar este procedimento: o mesmo detalhe fotoidentificável tem que estar visível nas duas fotos, o que nem sempre acontece, como foi mostrado no presente trabalho. Um conjunto de pontos muito espaçado, faz com que os resultados da interpolação, na geração do DTM, sejam imprecisos. Este fato pode ocorrer em fundo de vales, onde a presença de vegetação dificulta a identificação de pontos com precisão, deste modo, grandes regiões deixam de ser adequadamente representadas. Assim, a informação altimétrica deixa de ser confiável em certas porções da imagem, fato este que não ocorre em toda a imagem. Em vista desta limitação, sugere-se que sejam desenvolvidas técnicas para automatizar a obtenção de pontos por meio da varredura monoscópica.

A varredura estereofotogramétrica, também é uma solução viável como fonte de dados altimétricos, mas como este procedimento é realizado com uma distância fixa, pode ocorrer perda de detalhes, como por exemplo, a falta das linhas de quebra (cumes e vales). Nesta pesquisa estes dados foram utilizados, uma vez que os mesmos estavam disponíveis.

As três fontes de altimetria utilizadas na retificação, forneceram cartas planimétricas pertencentes a classe A (levando-se em consideração os resultados obtidos pelas feições planimétricas localizadas na superfície do terreno). Os maiores desvios foram verificados em feições que apresentam elevação em relação ao terreno, como prédios e muros. A falta de um modelo digital de elevação que inclua a altura destes objetos pode ser apresentada como sua principal causa.

No presente trabalho, a informação altimétrica não foi o fator decisivo na qualidade da retificação. No entanto o método de geração da altimetria pode se tornar relevante em áreas que apresentem um relevo mais acidentado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. 1ª ed. Curitiba. Editora UFPR. 1998.

BAKER, W. H. **Elements of photogrammetry**. 2ª ed. New York: The Ronald Press Company, 1960.

BRASIL. Decreto Lei 89.817 de 20 de junho de 1984.

FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem numérica de terreno**. <<http://www.dpi.inpe/gilberto/livro>>. Acesso em 29 de janeiro de 2001.

FERNANDES, J. C. **Criação de modelos digitais do terreno**. Revista do Instituto Geográfico e Cadastral, 1988, pp 49-54.

GHOSH, S. K. **Analytical photogrammetry**. 2ª ed. Great Britain: Pergamon Press, 1988.

HUTCHINSON, M. F.; GALLANT, J. C. Representation of terrain. In: LONGLEY, P. A, GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, RHIND, D. W. **Geographical Information Systems**. Vol. 1 Principles and Technical Issues. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1999, p 105-124.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4ª ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 1998.

LEAL, E. M. **Análise da qualidade posicional em bases cartográficas geradas em CAD**. Curitiba 1998. 126 p. Dissertação de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná.

LUGNANI, J. B. **Introdução à fototriangulação**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1987.

MAKAROVIC, B. **Digital mono-plotter**. ITC Journal, 1973-4, pp. 583-600.

MARQUES, J. M. **Probabilidade e estatística aplicada**. Curitiba: Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. 1987.

MERCHANT, D. M. **Analytical photogrammetry. Theory and practice, part I**. Ohio State University, 1979.



MITISHITA, E. A. **Monorestituição digital de fotos associada com sistema de computação gráfica CAD, para fins de mapeamento na área florestal.** Curitiba, 1997a. 251 p. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

MITISHITA, E. A. **Manual de utilização do *software* “Sistema Monorestituidor Digital”, versão 2.0.** Curitiba, 1997b, 31 p.

MOFFIT, F. H. **Photogrammetry.** 2<sup>a</sup> ed. Scraton, Pennsylvania: International Textbook Company, 1967.

OLIVAS, M. A. de A. **Fundamentos de fotogrametria.** Setor de Ciências da Terra – UFPR. Curitiba, 1999.

SURFER. **User’s guide.** Golden Software Inc. 1999.

WIEBEL, R.; HELLER, M. Digital terrain modelling. In: MAGUIRE, D. J., GOODCHILD, M. F., RHIND, D. **Geographical Information Systems: Principles and applications.** 1<sup>a</sup> ed. Great Britain: Bath Press, Avon, 1991.

WOLF, P. R.; JOHNSON, S. D.; KEATING, T. J.; KERR, W. E.; MEZERA, D. F.; PIMENTEL, L. T. & SIEKER, F. A. Definition of terms and symbols used in photogrammetry. In: SLAMA, C. C., THEURER, C., HENRIKSEN, S. W. **Manual of Photogrammetry.** 4<sup>a</sup> ed. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry, 1980, pp. 995-1048.

WOLF, P. R. **Elements of photogrammetry.** 2<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., 1983.

WONG, K. W. Basic mathematics of photogrammetry. In: SLAMA, C. C., THEURER, C., HENRIKSEN, S. W. **Manual of Photogrammetry.** 4<sup>a</sup> ed. Falls Church, Va: American Society of Photogrammetry, 1980, pp. 37-101.

## **APÊNDICES**

## LISTA DOS APÊNDICES

APÊNDICE 1: DADOS REFERENTES À FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.....	70
APÊNDICE 2: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.....	71
APÊNDICE 3: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.....	72
APÊNDICE 4: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO MURO OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.....	74
APÊNDICE 5: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.....	75
APÊNDICE 6: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.....	76
APÊNDICE 7: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.....	77
APÊNDICE 8: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO MURO OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.....	79
APÊNDICE 9: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.....	80
APÊNDICE 10: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.....	81
APÊNDICE 11: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.....	82
APÊNDICE 12: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO MURO OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.....	84
APÊNDICE 13: CARTA GERADA POR MEIO DA MONORESTITUIÇÃO DIGITAL.....	86

**APÊNDICE 1: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE  
OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA  
ESTEREOFOTOGRAMÉTRICA.**

continua

Coordenadas da feição edificação de grande porte (m)						
Original		Saidal		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145843.65	7175711.84	145834.77	7175702.84	8.88	9.00	12.643
145888.15	7175732.22	145882.55	7175724.63	5.60	7.59	9.4323
145878.80	7175752.64	145871.04	7175745.87	7.76	6.77	10.298
145834.30	7175732.27	145823.86	7175721.01	10.44	11.26	15.355
147284.11	7176383.21	147275.16	7176371.43	8.95	11.78	14.794
147293.95	7176362.72	147284.92	7176353.57	9.03	9.15	12.855
147328.70	7176379.40	147319.40	7176370.97	9.30	8.43	12.552
147318.86	7176399.89	147310.70	7176390.02	8.16	9.87	12.806
145678.11	7175599.66	145669.85	7175591.52	8.26	8.14	11.597
145692.56	7175563.70	145686.68	7175557.36	5.88	6.34	8.647
145662.73	7175551.72	145657.14	7175543.57	5.59	8.15	9.8828
145644.76	7175596.45	145635.92	7175585.93	8.84	10.52	13.741
145652.36	7175599.50	145646.55	7175591.74	5.81	7.76	9.694
145655.88	7175590.73	145652.08	7175580.60	3.80	10.13	10.819
145330.27	7177255.14	145325.88	7177244.79	4.39	10.35	11.243
145323.67	7177241.91	145325.32	7177232.21	-1.65	9.70	9.8393
145377.60	7177215.02	145363.23	7177212.97	14.37	2.05	14.515
145384.20	7177228.26	145369.43	7177224.72	14.77	3.54	15.188
146288.80	7175674.71	146290.68	7175669.66	-1.88	5.05	5.3886
146241.05	7175650.91	146242.94	7175646.11	-1.89	4.80	5.1587
146252.26	7175628.41	146254.47	7175624.28	-2.21	4.13	4.6841
146279.27	7175641.87	146275.18	7175635.64	4.09	6.23	7.4526
146292.71	7175614.89	146291.88	7175609.26	0.83	5.63	5.6909
146313.46	7175625.23	146314.00	7175621.18	-0.54	4.05	4.0858
147333.33	7176946.35	147328.97	7176935.37	4.36	10.98	11.814
147323.66	7176968.51	147319.18	7176956.03	4.48	12.48	13.26
147339.34	7176975.35	147339.30	7176965.85	0.04	9.50	9.5001
147349.01	7176953.19	147348.29	7176944.08	0.72	9.11	9.1384
148284.80	7176813.54	148285.41	7176809.81	-0.61	3.73	3.7796
148273.15	7176808.98	148273.24	7176805.28	-0.09	3.70	3.7011
148287.31	7176772.85	148289.53	7176765.18	-2.22	7.67	7.9848
148298.96	7176777.41	148300.00	7176770.17	-1.04	7.24	7.3143
146927.62	7179412.66	146926.56	7179406.62	1.06	6.04	6.1323
146951.78	7179402.05	146949.78	7179397.91	2	4.14	4.5978
146938.75	7179372.38	146940.01	7179368.69	-1.26	3.69	3.8992
146914.59	7179382.99	146913.69	7179380.49	0.9	2.5	2.6571
146352.57	7177997.25	146349.62	7177992.49	2.95	4.76	5.6
146372.38	7177949.79	146366.48	7177941.44	5.9	8.35	10.224
146353.79	7177942.03	146343.39	7177934.32	10.4	7.71	12.946
146294.88	7177964.65	146289.85	7177959.76	5.03	4.89	7.0152
146290.51	7177975.12	146285.76	7177967.27	4.75	7.85	9.1752
145445.72	7175931.40	145442.94	7175921.05	2.78	10.35	10.717
145470.63	7175944.04	145463.68	7175933.54	6.95	10.5	12.592

**APÊNDICE 1: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE  
OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA  
ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.**

conclusão

Coordenadas da feição edificação de grande porte (m)						
Original		Saída		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
145491.28	7175903.34	145484.77	7175890.23	6.51	13.11	14.637
145466.38	7175890.70	145461.43	7175880.07	4.95	10.63	11.726
146766.86	7177990.79	146759.94	7177980.51	6.92	10.28	12.392
146784.09	7177998.92	146777.50	7177993.47	6.59	5.45	8.5516
146784.39	7177963.44	146778.10	7177954.60	6.29	8.84	10.849
146767.10	7177963.29	146761.06	7177954.92	6.04	8.37	10.322
145839.99	7175608.50	145835.89	7175603.06	4.1	5.44	6.812
			Média	4.5016	7.5546	9.514
			Desvio padrão	4.2325	2.7852	3.496

**APÊNDICE 2: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS  
COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.**

continua

Coordenadas da feição área de densidade urbana (m)						
Original		Saída		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
145708.87	7178479.33	145708.21	7178474.87	0.66	4.46	4.5086
145327.31	7178491.94	145320.90	7178484.44	6.41	7.5	9.866
145328.40	7178609.92	145320.59	7178612.82	7.81	-2.9	8.331
145378.93	7178611.42	145380.63	7178613.31	-1.7	-1.89	2.5421
145383.10	7178528.95	145382.21	7178513.84	0.89	15.11	15.136
145699.50	7178519.22	145702.45	7178522.19	-2.95	-2.97	4.1861
148642.92	7178012.53	148641.01	7178006.56	1.91	5.97	6.2681
148618.44	7178164.06	148616.27	7178159.99	2.17	4.07	4.6124
148601.31	7178158.02	148596.55	7178154.78	4.76	3.24	5.7581
148624.33	7178008.78	148621.34	7178001.29	2.99	7.49	8.0648
148574.75	7177998.01	148574.22	7177988.17	0.53	9.84	9.8543
148613.67	7178006.10	148615.70	7177997.35	-2.03	8.75	8.9824
148589.51	7178153.60	148589.66	7178154.69	-0.15	-1.09	1.1003
148552.37	7178139.46	148548.37	7178141.76	4	-2.3	4.6141
148606.84	7177797.74	148603.91	7177789.10	2.93	8.64	9.1233
148648.27	7177799.21	148648.68	7177792.29	-0.41	6.92	6.9321
148616.25	7177989.81	148615.53	7177986.46	0.72	3.35	3.4265
148576.75	7177983.30	148577.15	7177979.61	-0.4	3.69	3.7116
148219.88	7177890.11	148218.97	7177885.30	0.91	4.81	4.8953
148197.23	7177817.32	148198.30	7177810.95	-1.07	6.37	6.4592
148159.73	7177830.32	148151.34	7177827.24	8.39	3.08	8.9375
148181.82	7177901.23	148172.04	7177899.87	9.78	1.36	9.8741
148111.95	7177935.63	148116.66	7177924.91	-4.71	10.72	11.709
148160.36	7178089.60	148163.01	7178085.36	-2.65	4.24	5
148114.78	7178084.34	148113.34	7178080.18	1.44	4.16	4.4022
148072.29	7177948.04	148066.33	7177939.64	5.96	8.4	10.3

**APÊNDICE 2: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.**

conclusão

Coordenadas da feição área de densidade urbana (m)						
Original		Saidal		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
145981.85	7176537.94	145974.45	7176532.62	7.4	5.32	9.1139
146096.74	7176558.48	146097.74	7176557.74	-1	0.74	1.244
146109.16	7176496.37	146110.23	7176491.82	-1.07	4.55	4.6741
145991.57	7176474.46	145987.07	7176468.48	4.5	5.98	7.484
146064.41	7175109.01	146060.97	7175111.96	3.44	-2.95	4.5317
146140.46	7175148.99	146143.53	7175152.21	-3.07	-3.22	4.449
146186.78	7175063.59	146190.69	7175065.25	-3.91	-1.66	4.2478
146156.87	7175048.93	146156.16	7175046.98	0.71	1.95	2.0752
146139.64	7175084.08	146137.99	7175081.21	1.65	2.87	3.3105
146125.74	7175077.27	146124.72	7175074.11	1.02	3.16	3.3205
146117.45	7175094.20	146115.20	7175090.36	2.25	3.84	4.4506
146081.47	7175076.56	146082.45	7175071.98	-0.98	4.58	4.6837
146420.35	7176795.58	146417.07	7176795.42	3.28	0.16	3.2839
146549.57	7176773.21	146543.19	7176770.03	6.38	3.18	7.1286
146541.22	7176728.71	146538.38	7176723.33	2.84	5.38	6.0836
146408.58	7176753.67	146408.15	7176746.87	0.43	6.8	6.8136
147550.36	7177343.72	147543.12	7177332.93	7.24	10.79	12.994
147605.28	7177359.53	147609.96	7177347.30	-4.68	12.23	13.095
147630.23	7177343.51	147633.10	7177332.22	-2.87	11.29	11.649
147694.07	7177300.79	147697.16	7177289.52	-3.09	11.27	11.686
147601.72	7177266.02	147596.27	7177258.27	5.45	7.75	9.4744
			Média	1.5343	4.5751	6.6891
			Desvio padrão	3.6547	4.4577	3.362

**APÊNDICE 3: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.**

continua

Coordenadas da feição cerca (m)						
Original		Saidal		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
145783.23	7175438.20	145787.80	7175438.33	-4.57	-0.13	4.5718
145964.44	7175081.99	145970.84	7175084.14	-6.4	-2.15	6.7515
146093.04	7175147.06	146092.70	7175147.07	0.34	-0.01	0.34015
145920.24	7175505.94	145922.84	7175505.35	-2.6	0.59	2.6661
146846.42	7178942.02	146852.55	7178937.82	-6.13	4.2	7.4308
147001.93	7178879.76	147003.24	7178872.82	-1.31	6.94	7.0626
146961.57	7178751.65	146957.62	7178736.53	3.95	15.12	15.627
146791.32	7178769.04	146785.26	7178757.20	6.06	11.84	13.301
146275.04	7179230.11	146276.48	7179227.55	-1.44	2.56	2.9372
146273.46	7179064.18	146277.04	7179068.56	-3.58	-4.38	5.6569
146354.68	7179064.44	146353.70	7179063.59	0.98	0.85	1.2973
146364.59	7179224.12	146357.55	7179221.62	7.04	2.5	7.4707
146329.99	7175753.88	146302.90	7175764.24	-4.92	1.3	5.0889

**APÊNDICE 3: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES  
ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.**

conclusão

Coordenadas da feição cerca (m)						
Original		Saída I		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
146293.95	7175857.17	146296.44	7175854.05	-4.85	-0.59	4.8858
146205.13	7175812.97	146210.30	7175804.81	1.24	-2.19	2.5167
149174.13	7177214.18	149177.17	7177220.62	-3.04	-6.44	7.1215
149443.89	7177411.87	149447.14	7177412.40	-3.25	-0.53	3.2929
149461.48	7177318.94	149465.85	7177310.81	-4.37	8.13	9.23
149205.49	7177192.50	149198.59	7177184.47	6.9	8.03	10.587
147828.34	7176238.02	147828.30	7176234.42	0.04	3.6	3.6002
147826.77	7176448.48	147828.20	7176447.52	-1.43	0.96	1.7224
147706.29	7176388.83	147703.28	7176390.43	3.01	-1.6	3.4088
147787.96	7176217.59	147786.10	7176213.82	1.86	3.77	4.2039
145366.07	7175785.40	145365.35	7175784.33	0.72	1.07	1.2897
145464.24	7175597.78	145457.47	7175596.55	6.77	1.23	6.8808
145554.30	7175636.44	145559.37	7175645.94	-5.07	-9.5	10.768
146275.06	7179232.03	146276.45	7179233.46	-1.39	-1.43	1.9942
146364.77	7179227.09	146357.55	7179228.74	7.22	-1.65	7.4061
146354.68	7179064.43	146353.70	7179063.59	0.98	0.84	1.2907
146273.46	7179064.18	146277.04	7179068.56	-3.58	-4.38	5.6569
146057.22	7179240.94	146061.74	7179244.48	-4.52	-3.54	5.7413
146119.96	7179239.63	146123.21	7179241.84	-3.25	-2.21	3.9302
146115.67	7179134.49	146117.22	7179131.25	-1.55	3.24	3.5917
146052.69	7179128.98	146056.32	7179123.50	-3.63	5.48	6.5732
146962.54	7178212.69	146961.94	7178215.02	0.6	-2.33	2.406
147330.58	7178002.32	147328.80	7178001.80	1.78	0.52	1.8544
146502.42	7176022.92	146497.05	7176022.32	5.37	0.6	5.4034
146702.99	7176163.81	146704.80	7176162.89	-1.81	0.92	2.0304
148108.91	7176782.33	148104.00	7176778.46	4.91	3.87	6.2518
148226.59	7176824.38	148224.50	7176819.89	2.09	4.49	4.9526
148257.35	7176734.22	148254.77	7176728.64	2.58	5.58	6.1476
148149.44	7176681.44	148145.25	7176675.84	4.19	5.6	6.994
146803.54	7177940.31	146797.17	7177935.20	6.37	5.11	8.1663
147044.12	7177967.50	147044.02	7177963.01	0.1	4.49	4.4911
147054.25	7177804.23	147045.95	7177798.12	8.3	6.11	10.306
146945.63	7177701.24	146939.47	7177700.34	6.16	0.9	6.2254
146901.41	7177701.76	146903.20	7177697.01	-1.79	4.75	5.0761
146797.78	7177788.78	146794.47	7177786.73	3.31	2.05	3.8934
			Média	0.1054	2.039	5.601
			Desvio padrão	4.2106	4.4686	3.1528

**APÊNDICE 4: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO MURO OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES  
ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA ESTEREOFOTOGRAFÉTRICA.**

Coordenadas da feição muro (m)						
Original		Saída I		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
146969.72	7179327.97	146975.18	7179321.18	-5.46	6.79	8.713
146907.42	7179348.77	146912.62	7179348.44	-5.2	0.33	5.2105
146890.47	7179308.50	146891.69	7179300.04	-1.22	8.46	8.5475
148547.08	7178550.16	148539.69	7178545.89	7.39	4.27	8.5349
148545.36	7178539.71	148538.58	7178538.68	6.78	1.03	6.8578
148577.31	7178534.47	148573.75	7178530.71	3.56	3.76	5.178
148579.03	7178544.91	148573.54	7178540.08	5.49	4.83	7.3122
148185.71	7178345.44	148183.69	7178341.60	2.02	3.84	4.3389
148196.98	7178326.76	148192.24	7178323.12	4.74	3.64	5.9764
148208.22	7178333.54	148199.47	7178328.16	8.75	5.38	10.272
148196.95	7178352.22	148189.23	7178345.02	7.72	7.2	10.556
145377.85	7177879.83	145371.52	7177877.64	6.33	2.19	6.6981
145395.67	7177880.95	145390.16	7177878.87	5.51	2.08	5.8895
145393.75	7177911.29	145390.47	7177904.93	3.28	6.36	7.156
145375.93	7177910.17	145372.55	7177904.53	3.38	5.64	6.5753
145987.28	7177394.46	145981.04	7177390.20	6.24	4.26	7.5555
145983.08	7177405.09	145977.29	7177400.43	5.79	4.66	7.4323
146002.11	7177412.61	145996.91	7177406.74	5.2	5.87	7.842
146006.32	7177401.98	146000.12	7177395.78	6.2	6.2	8.7681
147620.57	7176785.41	147620.79	7176781.19	-0.22	4.22	4.2257
147565.91	7176704.38	147562.43	7176698.23	3.48	6.15	7.0663
147626.15	7176663.75	147615.56	7176663.73	10.59	0.02	10.59
147680.81	7176744.78	147675.48	7176745.17	5.33	-0.39	5.3442
147936.58	7176030.53	147933.22	7176023.37	3.36	7.16	7.9092
147927.57	7176014.49	147923.19	7176009.93	4.38	4.56	6.3228
147960.79	7175995.83	147957.55	7175991.41	3.24	4.42	5.4803
147969.80	7176011.86	147966.23	7176006.81	3.57	5.05	6.1844
148248.59	7178242.76	148253.97	7178241.48	-5.38	1.28	5.5302
148266.10	7178255.31	148263.64	7178245.69	2.46	9.62	9.9296
148273.15	7178245.48	148265.46	7178241.70	7.69	3.78	8.5688
148255.63	7178232.93	148255.81	7178236.63	-0.18	-3.7	3.7044
148211.05	7178344.10	148206.83	7178339.52	4.22	4.58	6.2277
148247.71	7178364.01	148242.18	7178358.03	5.53	5.98	8.145
148253.21	7178353.89	148244.82	7178350.76	8.39	3.13	8.9548
148216.55	7178333.98	148208.74	7178332.24	7.81	1.74	8.0015
146882.04	7177050.12	146877.86	7177042.03	4.18	8.09	9.1061
146914.27	7177027.70	146908.83	7177022.90	5.44	4.8	7.2549
146908.17	7177018.93	146903.07	7177016.87	5.1	2.06	5.5003
146875.94	7177041.34	146872.97	7177034.26	2.97	7.08	7.6777
148144.61	7176574.25	148138.59	7176567.14	6.02	7.11	9.3162
148164.76	7176582.63	148162.52	7176578.81	2.24	3.82	4.4283
148170.12	7176569.72	148169.13	7176565.46	0.99	4.26	4.3735
148149.98	7176561.34	148144.61	7176554.50	5.37	6.84	8.6961
			Média	4.624	4.3218	7.137
			Desvio padrão	2.8409	2.5325	1.8239



**APÊNDICE 5: DADOS REFERENTES À FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE  
OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.**

continua

Coordenadas da feição edificação de grande porte (m)						
Original		Saida2		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145843.65	7175711.84	145836.57	7175704.67	7.08	7.17	10.076
145888.15	7175732.22	145884.61	7175726.74	3.54	5.48	6.524
145878.80	7175752.64	145873.68	7175748.55	5.12	4.09	6.5531
145834.30	7175732.27	145825.94	7175723.11	8.36	9.16	12.401
147284.11	7176383.21	147275.71	7176372.21	8.4	11	13.841
147293.95	7176362.72	147285.33	7176354.16	8.62	8.56	12.148
147328.70	7176379.40	147318.95	7176370.33	9.75	9.07	13.316
147318.86	7176399.89	147310.17	7176389.26	8.69	10.63	13.73
145678.11	7175599.66	145671.83	7175593.50	6.28	6.16	8.7968
145692.56	7175563.70	145687.85	7175558.55	4.71	5.15	6.979
145662.73	7175551.72	145658.58	7175545.02	4.15	6.7	7.8811
145644.76	7175596.45	145638.23	7175588.22	6.53	8.23	10.506
145652.36	7175599.50	145648.85	7175594.03	3.51	5.47	6.4993
145655.88	7175590.73	145654.08	7175582.61	1.8	8.12	8.3171
145330.27	7177255.14	145332.81	7177248.23	-2.54	6.91	7.362
145323.67	7177241.91	145332.49	7177235.79	-8.82	6.12	10.735
145377.60	7177215.02	145370.21	7177216.52	7.39	-1.5	7.5407
145384.20	7177228.26	145376.25	7177228.18	7.95	0.08	7.9504
146288.80	7175674.71	146288.88	7175667.53	-0.08	7.18	7.1804
146241.05	7175650.91	146241.35	7175644.26	-0.3	6.65	6.6568
146252.26	7175628.41	146252.76	7175622.26	-0.5	6.15	6.1703
146279.27	7175641.87	146273.29	7175633.39	5.98	8.48	10.376
146292.71	7175614.89	146289.71	7175606.64	3	8.25	8.7785
146313.46	7175625.23	146311.78	7175618.50	1.68	6.73	6.9365
147333.33	7176946.35	147326.73	7176932.77	6.6	13.58	15.099
147323.66	7176968.51	147317.10	7176953.64	6.56	14.87	16.253
147339.34	7176975.35	147337.03	7176963.24	2.31	12.11	12.328
147349.01	7176953.19	147345.84	7176941.22	3.17	11.97	12.383
148284.80	7176813.54	148285.29	7176809.52	-0.49	4.02	4.0498
148273.15	7176808.98	148273.10	7176804.96	0.05	4.02	4.0203
148287.31	7176772.85	148289.45	7176764.98	-2.14	7.87	8.1558
148298.96	7176777.41	148299.93	7176769.98	-0.97	7.43	7.4931
146927.62	7179412.66	146926.38	7179406.63	1.24	6.03	6.1562
146951.78	7179402.05	146949.43	7179397.94	2.35	4.11	4.7344
146938.75	7179372.38	146939.62	7179368.71	-0.87	3.67	3.7717
146914.59	7179382.99	146913.50	7179380.50	1.09	2.49	2.7181
146352.57	7177997.25	146346.48	7177991.20	6.09	6.05	8.5843
146372.38	7177949.79	146363.93	7177940.34	8.45	9.45	12.677
146353.79	7177942.03	146340.74	7177933.17	13.05	8.86	15.773
146294.88	7177964.65	146285.86	7177958.10	9.02	6.55	11.147
146290.51	7177975.12	146281.69	7177965.58	8.82	9.54	12.992
145445.72	7175931.40	145443.90	7175921.86	1.82	9.54	9.7121
145470.63	7175944.04	145465.18	7175934.82	5.45	9.22	10.71
145491.28	7175903.34	145486.82	7175892.03	4.46	11.31	12.158

**APÊNDICE 5: DADOS REFERENTES À FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE  
OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA.**

conclusão

Coordenadas da feição edificação de grande porte (m)						
Original		Saida2		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145466.38	7175890.70	145463.05	7175881.48	3.33	9.22	9.8029
146766.86	7177990.79	146764.35	7177982.66	2.51	8.13	8.5086
146784.09	7177998.92	146781.58	7177995.45	2.51	3.47	4.2826
146784.39	7177963.44	146781.28	7177956.19	3.11	7.25	7.8889
146767.10	7177963.29	146764.73	7177956.74	2.37	6.55	6.9656
145839.99	7175608.50	145836.32	7175603.51	3.67	4.99	6.1943
			Média	3.8772	7.2468	9.0363
			Desvio padrão	3.9632	3.0927	3.2982

**APÊNDICE 6: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS  
COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA**

continua

Coordenadas da feição área de densidade urbana						
Original		Saida2		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145708.87	7178479.33	145705.32	7178474.27	3.55	5.06	6.1811
145327.31	7178491.94	145317.25	7178483.77	10.06	8.17	12.96
145328.40	7178609.92	145317.86	7178612.41	10.54	-2.49	10.83
145378.93	7178611.42	145378.01	7178612.91	0.92	-1.49	1.7511
145383.10	7178528.95	145378.70	7178513.21	4.4	15.74	16.343
145699.50	7178519.22	145699.03	7178521.54	0.47	-2.32	2.3671
148642.92	7178012.53	148641.31	7178007.13	1.61	5.4	5.6349
148618.44	7178164.06	148616.61	7178160.54	1.83	3.52	3.9673
148601.31	7178158.02	148596.87	7178155.27	4.44	2.75	5.2227
148624.33	7178008.78	148621.58	7178001.73	2.75	7.05	7.5674
148574.75	7177998.01	148574.41	7177988.50	0.34	9.51	9.5161
148613.67	7178006.10	148615.92	7177997.75	-2.25	8.35	8.6478
148589.51	7178153.60	148589.96	7178155.13	-0.45	-1.53	1.5948
148552.37	7178139.46	148548.51	7178141.96	3.86	-2.5	4.5989
148606.84	7177797.74	148604.07	7177789.44	2.77	8.3	8.75
148648.27	7177799.21	148648.85	7177792.66	-0.58	6.55	6.5756
148616.25	7177989.81	148615.74	7177986.83	0.51	2.98	3.0233
148576.75	7177983.30	148577.35	7177979.95	-0.6	3.35	3.4033
148219.88	7177890.11	148218.86	7177885.16	1.02	4.95	5.054
148197.23	7177817.32	148198.13	7177810.73	-0.9	6.59	6.6512
148159.73	7177830.32	148151.09	7177826.94	8.64	3.38	9.2776
148181.82	7177901.23	148171.94	7177899.75	9.88	1.48	9.9902
148111.95	7177935.63	148116.60	7177924.85	-4.65	10.78	11.74
148160.36	7178089.60	148163.13	7178085.49	-2.77	4.11	4.9563
148114.78	7178084.34	148113.55	7178080.39	1.23	3.95	4.1371
148072.29	7177948.04	148066.26	7177939.56	6.03	8.48	10.405
145981.85	7176537.94	145973.62	7176531.94	8.23	6	10.185
146096.74	7176558.48	146096.54	7176556.74	0.2	1.74	1.7515

**APÊNDICE 6: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA**

conclusão

Coordenadas da feição área de densidade urbana						
Original		Saida2		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
146109.16	7176496.37	146109.59	7176491.27	-0.43	5.1	5.1181
145991.57	7176474.46	145986.49	7176468.00	5.08	6.46	8.2182
146064.41	7175109.01	146062.32	7175113.67	2.09	-4.66	5.1072
146140.46	7175148.99	146143.08	7175151.63	-2.62	-2.64	3.7194
146186.78	7175063.59	146189.54	7175063.72	-2.76	-0.13	2.7631
146156.87	7175048.93	146155.63	7175046.28	1.24	2.65	2.9258
146139.64	7175084.08	146137.44	7175080.50	2.2	3.58	4.202
146125.74	7175077.27	146124.48	7175073.78	1.26	3.49	3.7105
146117.45	7175094.20	146115.04	7175090.16	2.41	4.04	4.7042
146081.47	7175076.56	146083.13	7175072.85	-1.66	3.71	4.0644
146420.35	7176795.58	146415.48	7176794.08	4.87	1.5	5.0958
146549.57	7176773.21	146543.32	7176770.15	6.25	3.06	6.9589
146541.22	7176728.71	146538.62	7176723.55	2.6	5.16	5.778
146408.58	7176753.67	146406.99	7176745.89	1.59	7.78	7.9408
147550.36	7177343.72	147543.06	7177332.86	7.3	10.86	13.085
147605.28	7177359.53	147610.39	7177347.78	-5.11	11.75	12.813
147630.23	7177343.51	147633.47	7177332.64	-3.24	10.87	11.343
147694.07	7177300.79	147697.05	7177289.39	-2.98	11.4	11.783
147601.72	7177266.02	147595.68	7177257.58	6.04	8.44	10.379
			Média	2.0257	4.6868	6.8679
			Desvio padrão	3.8795	4.4105	3.5981

**APÊNDICE 7: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA**

continua

Coordenadas da feição cerca (m)						
Original		Saida2		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145783.23	7175438.20	145787.80	7175438.33	-4.57	-0.13	4.5718
145964.44	7175081.99	145974.59	7175088.81	-10.15	-6.82	12.228
146093.04	7175147.06	146093.05	7175147.52	-0.01	-0.46	0.46011
145920.24	7175505.94	145922.83	7175505.35	-2.59	0.59	2.6564
146846.42	7178942.02	146850.43	7178937.58	-4.01	4.44	5.9828
147001.93	7178879.76	147002.02	7178872.64	-0.09	7.12	7.1206
146961.57	7178751.65	146957.10	7178736.43	4.47	15.22	15.863
146791.32	7178769.04	146783.85	7178756.95	7.47	12.09	14.212
146275.04	7179230.11	146275.14	7179227.56	-0.1	2.55	2.552
146273.46	7179064.18	146274.08	7179068.43	-0.62	-4.25	4.295
146354.68	7179064.44	146350.73	7179063.44	3.95	1	4.0746
146364.59	7179224.12	146356.40	7179221.62	8.19	2.5	8.5631
146329.99	7175753.88	146301.02	7175762.07	-1.59	2.56	3.0136
146293.95	7175857.17	146294.55	7175851.92	-2.47	0.03	2.4702
146205.13	7175812.97	146208.82	7175803.17	4.37	-1.39	4.5857

**APÊNDICE 7: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES  
ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA**

conclusão

Coordenadas da feição cerca (m)						
Original		Saida2		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
149174.13	7177214.18	149176.08	7177213.51	-1.95	0.67	2.0619
149443.89	7177411.87	149446.39	7177407.42	-2.5	4.45	5.1042
149461.48	7177318.94	149464.85	7177307.89	-3.37	11.05	11.552
149205.49	7177192.50	149197.53	7177177.63	7.96	14.87	16.866
147828.34	7176238.02	147828.55	7176234.93	-0.21	3.09	3.0971
147826.77	7176448.48	147828.36	7176447.82	-1.59	0.66	1.7215
147706.29	7176388.83	147702.61	7176389.23	3.68	-0.4	3.7017
147787.96	7176217.59	147785.95	7176213.51	2.01	4.08	4.5482
145366.07	7175785.40	145364.45	7175783.55	1.62	1.85	2.459
145464.24	7175597.78	145457.47	7175596.55	6.77	1.23	6.8808
145554.30	7175636.44	145562.61	7175649.03	-8.31	-12.59	15.085
146275.06	7179232.03	146275.06	7179232.03	0	0	0
146364.77	7179227.09	146356.50	7179228.75	8.27	-1.66	8.435
146354.68	7179064.43	146350.73	7179063.44	3.95	0.99	4.0722
146273.46	7179064.18	146274.08	7179068.43	-0.62	-4.25	4.295
146057.22	7179240.94	146060.42	7179244.49	-3.2	-3.55	4.7794
146119.96	7179239.63	146121.66	7179241.84	-1.7	-2.21	2.7882
146115.67	7179134.49	146114.53	7179131.18	1.14	3.31	3.5008
146052.69	7179128.98	146053.63	7179123.43	-0.94	5.55	5.629
146962.54	7178212.69	146962.50	7178215.43	0.04	-2.74	2.7403
147330.58	7178002.32	147329.00	7178001.92	1.58	0.4	1.6298
146502.42	7176022.92	146496.40	7176021.28	6.02	1.64	6.2394
146702.99	7176163.81	146703.01	7176160.78	-0.02	3.03	3.0301
148108.91	7176782.33	148104.10	7176778.65	4.81	3.68	6.0563
148226.59	7176824.38	148224.36	7176819.59	2.23	4.79	5.2837
148257.35	7176734.22	148254.66	7176728.37	2.69	5.85	6.4388
148149.44	7176681.44	148145.20	7176675.73	4.24	5.71	7.1121
146803.54	7177940.31	146799.28	7177936.27	4.26	4.04	5.871
147044.12	7177967.50	147043.87	7177962.93	0.25	4.57	4.5768
147054.25	7177804.23	147046.65	7177798.56	7.6	5.67	9.482
146945.63	7177701.24	146941.37	7177701.57	4.26	-0.33	4.2728
146901.41	7177701.76	146904.65	7177697.93	-3.24	3.83	5.0166
146797.78	7177788.78	146795.15	7177787.12	2.63	1.66	3.1101
			Média	0.723	2.4174	5.7402
			Desvio padrão	4.188	4.9543	3.8676

**APÊNDICE 8: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO MURO OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES  
ALTIMÉTRICAS DA VARREDURA MONOSCÓPICA**

Coordenadas da feição muro (m)						
Original		Saída2		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
146969.72	7179327.97	146974.41	7179321.22	-4.69	6.75	8.2194
146907.42	7179348.77	146912.25	7179348.46	-4.83	0.31	4.8399
146890.47	7179308.50	146891.04	7179300.07	-0.57	8.43	8.4492
148547.08	7178550.16	148539.63	7178545.84	7.45	4.32	8.6119
148545.36	7178539.71	148538.51	7178538.62	6.85	1.09	6.9362
148577.31	7178534.47	148573.74	7178530.70	3.57	3.77	5.1921
148579.03	7178544.91	148573.51	7178540.05	5.52	4.86	7.3546
148185.71	7178345.44	148183.74	7178341.64	1.97	3.8	4.2803
148196.98	7178326.76	148192.26	7178323.13	4.72	3.63	5.9544
148208.22	7178333.54	148199.46	7178328.16	8.76	5.38	10.28
148196.95	7178352.22	148189.26	7178345.05	7.69	7.17	10.514
145377.85	7177879.83	145366.50	7177875.93	11.35	3.9	12.001
145395.67	7177880.95	145384.92	7177877.08	10.75	3.87	11.425
145393.75	7177911.29	145384.55	7177902.94	9.2	8.35	12.424
145375.93	7177910.17	145366.99	7177902.67	8.94	7.5	11.669
145987.28	7177394.46	145982.28	7177390.89	5	3.57	6.1437
145983.08	7177405.09	145978.89	7177401.30	4.19	3.79	5.6498
146002.11	7177412.61	145998.55	7177407.76	3.56	4.85	6.0163
146006.32	7177401.98	146001.85	7177396.74	4.47	5.24	6.8876
147620.57	7176785.41	147618.82	7176778.31	1.75	7.1	7.3125
147565.91	7176704.38	147559.86	7176694.48	6.05	9.9	11.602
147626.15	7176663.75	147613.33	7176660.32	12.82	3.43	13.271
147680.81	7176744.78	147673.72	7176742.48	7.09	2.3	7.4537
147936.58	7176030.53	147933.47	7176023.96	3.11	6.57	7.2689
147927.57	7176014.49	147923.41	7176010.45	4.16	4.04	5.7989
147960.79	7175995.83	147957.62	7175991.59	3.17	4.24	5.294
147969.80	7176011.86	147966.34	7176007.08	3.46	4.78	5.9008
148248.59	7178242.76	148253.86	7178241.38	-5.27	1.38	5.4477
148266.10	7178255.31	148263.54	7178245.59	2.56	9.72	10.051
148273.15	7178245.48	148265.36	7178241.60	7.79	3.88	8.7028
148255.63	7178232.93	148255.70	7178236.53	-0.07	-3.6	3.6007
148211.05	7178344.10	148206.81	7178339.51	4.24	4.59	6.2487
148247.71	7178364.01	148242.16	7178358.02	5.55	5.99	8.1659
148253.21	7178353.89	148244.79	7178350.74	8.42	3.15	8.9899
148216.55	7178333.98	148208.72	7178332.22	7.83	1.76	8.0254
146882.04	7177050.12	146879.64	7177043.63	2.4	6.49	6.9195
146914.27	7177027.70	146910.53	7177024.46	3.74	3.24	4.9483
146908.17	7177018.93	146904.68	7177018.35	3.49	0.58	3.5379
146875.94	7177041.34	146874.73	7177035.84	1.21	5.5	5.6315
148144.61	7176574.25	148138.54	7176567.04	6.07	7.21	9.4249
148164.76	7176582.63	148162.50	7176578.76	2.26	3.87	4.4816
148170.12	7176569.72	148169.10	7176565.38	1.02	4.34	4.4583
148149.98	7176561.34	148144.55	7176554.37	5.43	6.97	8.8355
			Média	5.0567	4.563	7.5678
			Desvio padrão	3.4125	2.5054	2.6005

**APÊNDICE 9: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE  
OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

continua

Coordenadas da feição edificação de grande porte (m)						
Original		Saída3		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145843.65	7175711.84	145836.26	7175704.35	7.39	7.49	10.522
145888.15	7175732.22	145883.94	7175726.05	4.21	6.17	7.4695
145878.80	7175752.64	145872.71	7175747.56	6.09	5.08	7.9306
145834.30	7175732.27	145825.28	7175722.44	9.02	9.83	13.341
147284.11	7176383.21	147277.45	7176374.66	6.66	8.55	9.077
147293.95	7176362.72	147287.13	7176356.73	6.82	5.99	9.4451
147328.70	7176379.40	147321.23	7176373.62	7.47	5.78	9.9746
147318.86	7176399.89	147312.33	7176392.35	6.53	7.54	8.9948
145678.11	7175599.66	145671.69	7175593.36	6.42	6.3	6.2868
145692.56	7175563.70	145688.34	7175559.04	4.22	4.66	7.5511
145662.73	7175551.72	145658.82	7175545.26	3.91	6.46	11.327
145644.76	7175596.45	145637.64	7175587.64	7.12	8.81	7.2056
145652.36	7175599.50	145648.34	7175593.52	4.02	5.98	8.5186
145655.88	7175590.73	145653.92	7175582.44	1.96	8.29	9.0601
145330.27	7177255.14	145328.74	7177246.21	1.53	8.93	9.4463
145323.67	7177241.91	145328.48	7177233.78	-4.81	8.13	11.896
145377.60	7177215.02	145365.73	7177214.24	11.87	0.78	12.457
145384.20	7177228.26	145371.95	7177226.00	12.25	2.26	5.3886
146288.80	7175674.71	146291.81	7175671.01	-3.01	3.7	4.7697
146241.05	7175650.91	146244.17	7175647.56	-3.12	3.35	4.5779
146252.26	7175628.41	146255.55	7175625.56	-3.29	2.85	4.3528
146279.27	7175641.87	146276.17	7175636.81	3.1	5.06	5.9341
146292.71	7175614.89	146292.60	7175610.11	0.11	4.78	4.7813
146313.46	7175625.23	146314.74	7175622.06	-1.28	3.17	3.4187
147333.33	7176946.35	147329.85	7176936.40	3.48	9.95	10.541
147323.66	7176968.51	147320.14	7176957.12	3.52	11.39	11.922
147339.34	7176975.35	147340.13	7176966.81	-0.79	8.54	8.5765
147349.01	7176953.19	147349.01	7176944.92	0	8.27	8.27
148284.80	7176813.54	148285.79	7176810.72	-0.99	2.82	2.9887
148273.15	7176808.98	148273.61	7176806.16	-0.46	2.82	2.8573
148287.31	7176772.85	148289.96	7176766.23	-2.65	6.62	7.1307
148298.96	7176777.41	148300.43	7176771.24	-1.47	6.17	6.3427
146927.62	7179412.66	146927.55	7179406.53	0.07	6.13	6.1304
146951.78	7179402.05	146950.67	7179397.84	1.11	4.21	4.3539
146938.75	7179372.38	146940.75	7179368.64	-2	3.74	4.2412
146914.59	7179382.99	146914.53	7179380.43	0.06	2.56	2.5607
146352.57	7177997.25	146351.60	7177993.32	0.97	3.93	4.0479
146372.38	7177949.79	146368.36	7177942.26	4.02	7.53	8.5359
146353.79	7177942.03	146345.53	7177935.24	8.26	6.79	10.693
146294.88	7177964.65	146291.81	7177960.58	3.07	4.07	5.098
146290.51	7177975.12	146287.73	7177968.08	2.78	7.04	7.569
145445.72	7175931.40	145444.45	7175922.34	1.27	9.06	9.1486
145470.63	7175944.04	145465.53	7175935.13	5.1	8.91	10.266
145491.28	7175903.34	145486.78	7175892.00	4.5	11.34	12.2

**APÊNDICE 9: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO EDIFICAÇÃO DE GRANDE PORTE  
OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

conclusão

Coordenadas da feição edificação de grande porte (m)						
Original		Saida3		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145466.38	7175890.70	145463.41	7175881.79	2.97	8.91	9.392
146766.86	7177990.79	146763.51	7177982.25	3.35	8.54	9.1736
146784.09	7177998.92	146780.90	7177995.11	3.19	3.81	4.9691
146784.39	7177963.44	146781.25	7177956.18	3.14	7.26	7.9099
146767.10	7177963.29	146764.38	7177956.57	2.72	6.72	7.2496
145839.99	7175608.50	145837.39	7175604.63	2.6	3.87	4.6623
			Média	2.8602	6.2188	7.7201
			Desvio padrão	3.8298	2.5085	2.8203

**APÊNDICE 10: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS  
COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

continua

Coordenadas da feição área de densidade urbana						
Original		Saida3		Diferença		Resultante
E	N	E	N	ΔE	ΔN	
145708.87	7178479.33	145710.36	7178475.31	-1.49	4.02	4.2872
145327.31	7178491.94	145322.21	7178484.68	5.1	7.26	8.8723
145328.40	7178609.92	145322.32	7178613.08	6.08	-3.16	6.8522
145378.93	7178611.42	145382.40	7178613.58	-3.47	-2.16	4.0874
145383.10	7178528.95	145383.53	7178514.07	-0.43	14.88	14.886
145699.50	7178519.22	145704.42	7178522.54	-4.92	-3.32	5.9354
148642.92	7178012.53	148641.25	7178007.01	1.67	5.52	5.7671
148618.44	7178164.06	148616.56	7178160.46	1.88	3.6	4.0613
148601.31	7178158.02	148596.86	7178155.25	4.45	2.77	5.2417
148624.33	7178008.78	148621.55	7178001.67	2.78	7.11	7.6342
148574.75	7177998.01	148574.45	7177988.56	0.3	9.45	9.4548
148613.67	7178006.10	148615.89	7177997.70	-2.22	8.4	8.6884
148589.51	7178153.60	148589.97	7178155.15	-0.46	-1.55	1.6168
148552.37	7178139.46	148548.61	7178142.10	3.76	-2.64	4.5943
148606.84	7177797.74	148604.08	7177789.45	2.76	8.29	8.7374
148648.27	7177799.21	148648.80	7177792.56	-0.53	6.65	6.6711
148616.25	7177989.81	148615.71	7177986.78	0.54	3.03	3.0777
148576.75	7177983.30	148577.38	7177980.00	-0.63	3.3	3.3596
148219.88	7177890.11	148219.21	7177885.60	0.67	4.51	4.5595
148197.23	7177817.32	148198.59	7177811.32	-1.36	6	6.1522
148159.73	7177830.32	148151.62	7177827.59	8.11	2.73	8.5572
148181.82	7177901.23	148172.34	7177900.22	9.48	1.01	9.5337
148111.95	7177935.63	148116.94	7177925.22	-4.99	10.41	11.544
148160.36	7178089.60	148163.31	7178085.66	-2.95	3.94	4.922
148114.78	7178084.34	148113.43	7178080.27	1.35	4.07	4.2881
148072.29	7177948.04	148066.55	7177939.87	5.74	8.17	9.9848
145981.85	7176537.94	145975.78	7176533.69	6.07	4.25	7.41
146096.74	7176558.48	146098.61	7176558.46	-1.87	0.02	1.8701

**APÊNDICE 10: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO ÁREA DE DENSIDADE URBANA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

conclusão

Coordenadas da feição área de densidade urbana						
Original		Saida3		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
146109.16	7176496.37	146110.64	7176492.17	-1.48	4.2	4.4531
145991.57	7176474.46	145987.73	7176469.02	3.84	5.44	6.6588
146064.41	7175109.01	146062.01	7175113.28	2.4	-4.27	4.8983
146140.46	7175148.99	146144.47	7175153.42	-4.01	-4.43	5.9754
146186.78	7175063.59	146192.23	7175067.32	-5.45	-3.73	6.6042
146156.87	7175048.93	146157.88	7175049.27	-1.01	-0.34	1.0657
146139.64	7175084.08	146139.11	7175082.69	0.53	1.39	1.4876
146125.74	7175077.27	146125.92	7175075.67	-0.18	1.6	1.6101
146117.45	7175094.20	146116.13	7175091.57	1.32	2.63	2.9427
146081.47	7175076.56	146083.46	7175073.27	-1.99	3.29	3.845
146420.35	7176795.58	146419.01	7176797.04	1.34	-1.46	1.9817
146549.57	7176773.21	146544.66	7176771.34	4.91	1.87	5.254
146541.22	7176728.71	146539.45	7176724.31	1.77	4.4	4.7427
146408.58	7176753.67	146409.65	7176748.16	-1.07	5.51	5.6129
147550.36	7177343.72	147544.15	7177334.04	6.21	9.68	11.501
147605.28	7177359.53	147611.18	7177348.66	-5.9	10.87	12.368
147630.23	7177343.51	147634.28	7177333.56	-4.05	9.95	10.743
147694.07	7177300.79	147697.85	7177290.35	-3.78	10.44	11.103
147601.72	7177266.02	147597.19	7177259.33	4.53	6.69	8.0794
			Média	0.70957	3.836	6.2462
			Desvio padrão	3.7204	4.5675	3.2233

**APÊNDICE 11: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

continua

Coordenadas da feição cerca (m)						
Original		Saida3		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
145783.23	7175438.20	145788.08	7175438.63	-4.85	-0.43	4.869
145964.44	7175081.99	145971.80	7175085.34	-7.36	-3.35	8.0865
146093.04	7175147.06	146093.50	7175148.09	-0.46	-1.03	1.1281
145920.24	7175505.94	145923.55	7175506.14	-3.31	-0.2	3.316
146846.42	7178942.02	146853.94	7178937.97	-7.52	4.05	8.5412
147001.93	7178879.76	147004.10	7178872.94	-2.17	6.82	7.1569
146961.57	7178751.65	146958.40	7178736.69	3.17	14.96	15.292
146791.32	7178769.04	146786.38	7178757.40	4.94	11.64	12.645
146275.04	7179230.11	146278.16	7179227.54	-3.12	2.57	4.0422
146273.46	7179064.18	146278.34	7179068.62	-4.88	-4.44	6.5976
146354.68	7179064.44	146354.85	7179063.65	-0.17	0.79	0.80808
146364.59	7179224.12	146358.98	7179221.61	5.61	2.51	6.1459
146329.99	7175753.88	146304.16	7175765.70	-5.89	0.94	5.9645
146293.95	7175857.17	146297.26	7175854.96	-5.89	-0.86	5.9525
146205.13	7175812.97	146210.74	7175805.30	0.33	-2.42	2.4424



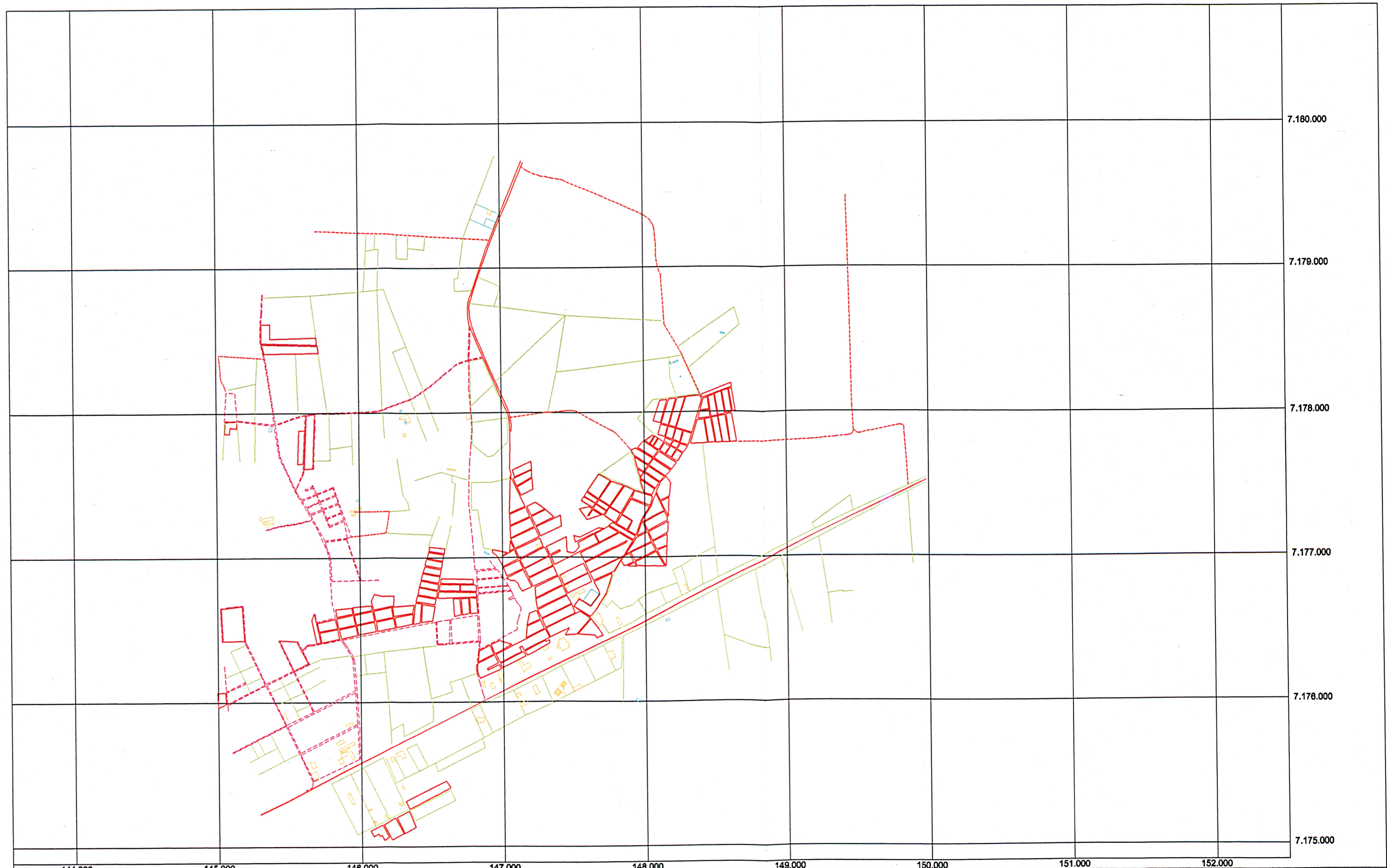
**APÊNDICE 11: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO CERCA OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES  
ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

Coordenadas da feição cerca (m)						conclusão
Original		Saida3		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
149174.13	7177214.18	149176.08	7177213.51	-1.95	0.67	2.0619
149443.89	7177411.87	149446.39	7177407.42	-2.5	4.45	5.1042
149461.48	7177318.94	149464.85	7177307.89	-3.37	11.05	11.552
149205.49	7177192.50	149197.53	7177177.63	7.96	14.87	16.866
147828.34	7176238.02	147828.76	7176235.36	-0.42	2.66	2.693
147826.77	7176448.48	147829.08	7176449.18	-2.31	-0.7	2.4137
147706.29	7176388.83	147703.88	7176391.50	2.41	-2.67	3.5968
147787.96	7176217.59	147786.80	7176215.21	1.16	2.38	2.6476
145366.07	7175785.40	145366.34	7175785.20	-0.27	0.2	0.33601
145464.24	7175597.78	145457.53	7175596.60	6.71	1.18	6.813
145554.30	7175636.44	145560.85	7175647.35	-6.55	-10.91	12.725
146275.06	7179232.03	146278.15	7179233.43	-3.09	-1.4	3.3924
146364.77	7179227.09	146359.00	7179228.73	5.77	-1.64	5.9985
146354.68	7179064.43	146354.85	7179063.65	-0.17	0.78	0.79831
146273.46	7179064.18	146278.34	7179068.62	-4.88	-4.44	6.5976
146057.22	7179240.94	146064.14	7179244.44	-6.92	-3.5	7.7548
146119.96	7179239.63	146125.17	7179241.81	-5.21	-2.18	5.6477
146115.67	7179134.49	146118.91	7179131.29	-3.24	3.2	4.5539
146052.69	7179128.98	146058.13	7179123.55	-5.44	5.43	7.6863
146962.54	7178212.69	146963.72	7178215.55	-1.18	-2.86	3.0939
147330.58	7178002.32	147329.59	7178002.30	0.99	0.02	0.9902
146502.42	7176022.92	146498.06	7176023.26	4.36	-0.34	4.3732
146702.99	7176163.81	146704.91	7176163.03	-1.92	0.78	2.0724
148108.91	7176782.33	148104.39	7176779.27	4.52	3.06	5.4584
148226.59	7176824.38	148224.84	7176820.67	1.75	3.71	4.102
148257.35	7176734.22	148255.13	7176729.51	2.22	4.71	5.207
148149.44	7176681.44	148145.53	7176676.45	3.91	4.99	6.3394
146803.54	7177940.31	146800.04	7177936.66	3.5	3.65	5.0569
147044.12	7177967.50	147046.21	7177964.22	-2.09	3.28	3.8893
147054.25	7177804.23	147047.68	7177799.21	6.57	5.02	8.2683
146945.63	7177701.24	146941.91	7177701.91	3.72	-0.67	3.7799
146901.41	7177701.76	146905.38	7177698.39	-3.97	3.37	5.2075
146797.78	7177788.78	146796.97	7177788.16	0.81	0.62	1.02
			Média	-0.8876	1.9678	5.642
			Desvio padrão	4.2295	4.7826	3.6105

**APÊNDICE 12: DADOS REFERENTES A FEIÇÃO MURO OBTIDOS COM AS INFORMAÇÕES  
ALTIMÉTRICAS DAS CURVAS DE NÍVEL.**

Coordenadas da feição muro (m)						
Original		Saída3		Diferença		Resultante
E	N	E	N	$\Delta E$	$\Delta N$	
146969.72	7179327.97	146975.52	7179321.16	-5.8	6.81	8.9452
146907.42	7179348.77	146913.28	7179348.40	-5.86	0.37	5.8717
146890.47	7179308.50	146892.17	7179300.03	-1.7	8.47	8.6389
148547.08	7178550.16	148539.97	7178546.13	7.11	4.03	8.1727
148545.36	7178539.71	148538.84	7178538.92	6.52	0.79	6.5677
148577.31	7178534.47	148574.00	7178530.95	3.31	3.52	4.8318
148579.03	7178544.91	148573.78	7178540.31	5.25	4.6	6.9802
148185.71	7178345.44	148183.92	7178341.78	1.79	3.66	4.0743
148196.98	7178326.76	148192.41	7178323.25	4.57	3.51	5.7624
148208.22	7178333.54	148199.65	7178328.31	8.57	5.23	10.04
148196.95	7178352.22	148189.46	7178345.21	7.49	7.01	10.259
145377.85	7177879.83	145374.71	7177878.72	3.14	1.11	3.3304
145395.67	7177880.95	145393.42	7177879.99	2.25	0.96	2.4462
145393.75	7177911.29	145394.08	7177906.13	-0.33	5.16	5.1705
145375.93	7177910.17	145376.29	7177905.77	-0.36	4.4	4.4147
145987.28	7177394.46	145982.30	7177390.89	4.98	3.57	6.1274
145983.08	7177405.09	145978.65	7177401.17	4.43	3.92	5.9153
146002.11	7177412.61	145998.41	7177407.61	3.7	5	6.2201
146006.32	7177401.98	146001.66	7177396.63	4.66	5.35	7.0949
147620.57	7176785.41	147620.83	7176781.25	-0.26	4.16	4.1681
147565.91	7176704.38	147562.19	7176697.88	3.72	6.5	7.4892
147626.15	7176663.75	147615.21	7176663.19	10.94	0.56	10.954
147680.81	7176744.78	147675.17	7176744.70	5.64	0.08	5.6406
147936.58	7176030.53	147933.90	7176024.97	2.68	5.56	6.1722
147927.57	7176014.49	147923.90	7176011.60	3.67	2.89	4.6713
147960.79	7175995.83	147958.21	7175993.00	2.58	2.83	3.8295
147969.80	7176011.86	147966.82	7176008.23	2.98	3.63	4.6965
148248.59	7178242.76	148254.13	7178241.63	-5.54	1.13	5.6541
148266.10	7178255.31	148263.83	7178245.86	2.27	9.45	9.7188
148273.15	7178245.48	148265.65	7178241.87	7.5	3.61	8.3236
148255.63	7178232.93	148255.98	7178236.79	-0.35	-3.86	3.8758
148211.05	7178344.10	148207.02	7178339.68	4.03	4.42	5.9814
148247.71	7178364.01	148242.48	7178358.28	5.23	5.73	7.758
148253.21	7178353.89	148245.10	7178351.00	8.11	2.89	8.6095
148216.55	7178333.98	148208.92	7178332.39	7.63	1.59	7.7939
146882.04	7177050.12	146879.37	7177043.39	2.67	6.73	7.2403
146914.27	7177027.70	146910.29	7177024.24	3.98	3.46	5.2737
146908.17	7177018.93	146904.42	7177018.11	3.75	0.82	3.8386
146875.94	7177041.34	146874.48	7177035.62	1.46	5.72	5.9034
148144.61	7176574.25	148138.88	7176567.81	5.73	6.44	8.6201
148164.76	7176582.63	148162.92	7176579.74	1.84	2.89	3.426
148170.12	7176569.72	148169.54	7176566.43	0.58	3.29	3.3407
148149.98	7176561.34	148144.91	7176555.20	5.07	6.14	7.9627
			Média	3.8247	3.712	6.2087
			Desvio padrão	3.0292	2.3882	2.1163

**APÊNDICE 13: CARTA GERADA POR MEIO DA MONORESTITUIÇÃO DIGITAL**

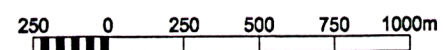


#### LEGENDA

Rodovia Federal  
Via pavimentada  
Via não pavimentada  
Estrada carroçável  
Quadra  
Edificação  
Muro  
Cerca



E = 1/25.000



PROJEÇÃO TRANSVERSA DE MERCATOR  
Meridiano Central: 51°  
Datum Horizontal: SAD69  
Fotografia aérea escala 1:60.000 de 1995

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas  
Elaboração: Sílvia Regina Nunes de Souza  
Ano de publicação: 2001